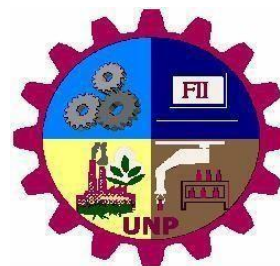


UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS



**“ANÁLISIS DE LÍNEAS DE ESPERA PARA AUMENTAR LA
PRODUCTIVIDAD EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAS DE UNA
TIENDA ESPECIALIZADA EN EL MEJORAMIENTO DEL HOGAR”**

Presentada por:

Laura del Pilar Baca Flores

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Industrial**

Línea de Investigación:

Procesos Industriales

Sub Línea de Investigación:

Gestión de los Procesos Tecnológicos

Administrativos

Piura, Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL



TESIS



**“ANÁLISIS DE LINEAS DE ESPERA PARA AUMENTAR LA
PRODUCTIVIDAD EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAS DE UNA
TIENDA ESPECIALIZADA EN EL MEJORAMIENTO DEL HOGAR”**

TESISTA:

LAURA DEL PILAR BACA FLORES

ASESOR:

MSC. CARLOS ENRIQUE MARIANO COELLO OBALLE

Piura-Perú

2018

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS

Yo: Laura del Pilar Baca Flores, identificado con CU/DNI N° 71466361, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, de la facultad de ingeniería industrial y domiciliada en la calle Tacna 510 del distrito de Castilla, Provincia de Piura, Departamento de Piura, celular 968222913, Email: lau_baf@hotmail.com.

ANÁLISIS DE LINEAS DE ESPERA PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAS DE UNA TIENDA ESPECIALIZADA EN EL MEJORAMIENTO DEL HOGAR.

DECLARO BAJO JURAMENTO: que la tesis que presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el Extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N°411, del código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444 y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos del Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.

Piura 13 de Julio del 2019



DNI N°71466361



Artículo 411.- El que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación con hechos o circunstancias que le corresponde probar, violándola precauciones veracidad establecida por la ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor o ni mayor de cuatro años.

Art. 4. Inciso 4.12 del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI Resolución de Consejo Dirección N° 033-2016-SUNEDU/CV.



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Calificador de la Tesis denominada: «ANÁLISIS DE LÍNEAS DE ESPERA PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAS DE UNA TIENDA ESPECIALIZADA EN EL MEJORAMIENTO DEL HOGAR», presentado por **LAURA DEL PILAR BACA FLORES** Bachiller de la Escuela profesional en **INGENIERÍA INDUSTRIAL** asesorada por el **MSc. CARLOS ENRIQUE MARIANO COELLO OBALLE**, Reunidos para la sustentación de ésta y luego de escuchar su exposición y las respuestas a las preguntas formuladas, la declaran:




Con el Calificativo:


APROBADA


MUY BUENO

En consecuencia la sustentante se encuentra **apta** para recibir el título profesional de **INGENIERO INDUSTRIAL** conforme a Ley.

PIURA, 14 de Agosto del 2018


Dr. JULIO CÉSAR JIMÉNEZ CHAVESTA
PRESIDENTE – JURADO CALIFICADOR


MBA. VÍCTOR ENRIQUE CRISANTO PALACIOS
SECRETARIO – JURADO CALIFICADOR


MG. TEOBALDO LEÓN GARCÍA
VOCAL – JURADO CALIFICADOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS



**“ANÁLISIS DE LINEAS DE ESPERA PARA AUMENTAR LA
PRODUCTIVIDAD EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAS DE UNA TIENDA
ESPECIALIZADA EN EL MEJORAMIENTO DEL HOGAR”**


JURADO AD-HOC



DR. JULIO C. JIMÉNEZ CHAVESTA
PRESIDENTE DEL JURADO



MBA. VÍCTOR E. CRISANTO PALACIOS
SECRETARIO



MG. TEOBALDO LEÓN GARCIA
VOCAL

Piura-Perú

2018

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres, tíos y abuelitos.

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo a Dios por haberme guiado y brindado la sabiduría necesaria, así como la capacidad para cumplir esta meta tan importante para mí.

A mis padres por el apoyo brindado desde que ingresé a la universidad hasta ahora que estoy a un paso de obtener el título profesional.

Quiero agradecer a mis compañeros de trabajo en Sodimac, al jefe de cajas Miguel, a los supervisores Evelyn, Abrahan, Alonso y Claudia por el apoyo en la realización del proyecto durante mi turno laboral y también agradecer a Jonathan y Jaime por su autorización y por hacer posible realización de mi investigación en la tienda Sodimac Piura.

Finalmente, quiero agradecer a mi asesor Carlos Coello, quien me dio todo su apoyo, a la ingeniera Carmen Quito, el ingeniero Jorge Ma San y el ingeniero Fernando Madrid por sus indicaciones que me ayudaron y me guiaron a terminar la tesis con satisfacción.

ÍNDICE

ABSTRACT	ix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2. Formulación del Problema	2
1.2.1. Pregunta general.....	2
1.2.2. Pregunta específica.....	2
1.3. Justificación e importancia de la investigación.....	3
1.3.1. Justificación.....	3
1.3.2. Importancia.....	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. Marco referencial	5
2.2. Antecedentes de investigación	7
2.3. Bases teóricas – científicas	10
2.3.1. La teoría de colas	10
2.3.2. Simulación de sistemas.....	17
2.3.3. Productividad.....	19
2.4. Hipótesis	20
2.4.1. Hipótesis General.....	20
2.4.2. Hipótesis Específicas	20
2.5. Definición y Operacionalización de variables.....	21
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	22

3.1. Enfoque.....	22
3.2. Diseño.....	22
3.3. Nivel	22
3.4. Tipo	22
3.5. Métodos y procedimientos	23
3.6. Técnicas e instrumentos	23
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1. Resultados	24
4.1.1. Determinar momentos de subdotación y sobredotación	24
4.1.2. Identificación de factores que afectan la longitud de cola	39
4.1.3. Tipo de distribución de probabilidad de las llegadas y los servicios.....	45
4.1.4. Modelo de simulación del sistema de cajas	52
4.2. Discusión.....	59
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXOS	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1: Operacionalización de variables	21
Cuadro 3.1: Técnicas e Instrumentos	23
Cuadro 4.1: Características generales.....	24
Cuadro 4.2: Feriados laborables	25
Cuadro 4.3: Resumen de datos transaccionales	26
Cuadro 4.4: Suma de Documentos de venta mensual.....	27
Cuadro 4.5: Resultados de medición de tiempos de atención.....	33
Cuadro 4.6: Intervalos de indicador de ocupación y de número cajas.....	35
Cuadro 4.7: Lógica de acciones de dotación	35
Cuadro 4.8: Resultado de acciones de dotación en cantidad de horas.....	36
Cuadro 4.9: Resultado de acciones de dotación en porcentaje	36
Cuadro 4.10: Resultados de momentos de subdotación y sobredotación	38
Cuadro 4.11: Significancia de variables independientes	40
Cuadro 4.12: Resumen del modelo de regresión	41
Cuadro 4.13: Coeficientes del modelo de regresión.....	41
Cuadro 4.14: Resultados de aplicar modelo de regresión.....	43
Cuadro 4.15: Resultados de dotación del modelo de regresión	44
Cuadro 4.16: Valores de parámetros de ajuste de distribución de tiempo entre llegadas..	47
Cuadro 4.17: Pruebas de bondad de ajuste para Tiempo entre llegadas.....	47
Cuadro 4.18: Comparación de distribuciones alternas para tiempos de atención.....	49
Cuadro 4.19: Valores de parámetros de ajuste de distribución de tiempo de atención....	50
Cuadro 4.20: Prueba de bondad de ajuste para tiempo de atención.....	51
Cuadro 4.21: Resultado de simulación - largo de cola por caja	56
Cuadro 4.22: Resultado de simulación – Clientes atendidos y Tiempo de atención.....	57
Cuadro 4.23: Indicadores de productividad.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Historia de Sodimac en Perú	5
Figura 2: Formato de venta Sodimac	6
Figura 3: Sistema de colas	11
Figura 4: Número de servidores	12
Figura 5: Relaciones entre medidas de desempeño	16
Figura 6: Cantidad de documentos de venta emitidos	26
Figura 7: Variación de documentos de venta emitidos por mes	27
Figura 8: Variación de documentos de venta emitidos por día.....	28
Figura 9: Variación de documentos de venta emitidos por hora	29
Figura 10: Promedio de documentos de venta emitidos por hora.....	30
Figura 11: Cantidad de documentos de venta emitidos por caja	31
Figura 12: Variación de número de cajas por hora.....	32
Figura 13: Variación de indicador de ocupación por hora.....	34
Figura 14: Diagrama pastel de acciones de dotación.....	37
Figura 15: Resultados de acciones de dotación por hora.....	37
Figura 16: Histograma de distribuciones de tiempo de llegadas	46
Figura 17: Histograma de distribución exponencial para tiempo entre llegadas	48
Figura 18: Histograma de distribuciones de tiempo de atención	50
Figura 19: Histograma de distribuciones Gaussiana inversa y Lognormal para tiempos de atención.....	51
Figura 20: Modelo de sistemas de cajas corriendo en simulador Arena.....	55

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01: Tiendas SODIMAC en Perú...	66
Anexo 02: Medición de tiempos de llegada y atención (CAJA PATIO CONSTRUCTOR- 10:40 AM)	66
Anexo 03: Medición de tiempos de llegada y atención (CAJA 3 SALA DE VENTA- 18:54 M).....	68
Anexo 03: Medición de largo de cola	70
Anexo 03: Resultados de simulación en Arena	71

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo realizar un análisis de líneas de espera para aumentar la productividad del departamento de cajas de una tienda de mejoramiento del hogar o homecenter.

Luego de realizar la determinación de momentos de subdotación y sobredotación a partir de datos transaccionales, se logró construir un modelo de regresión que determina los factores que inciden en la longitud de línea de espera. Así se pudo encontrar el número de cajas para cada día y rango horario que satisface un buen servicio al cliente y aumenta la productividad. Además, se logró representar la situación mediante un modelo de simulación en un día y rango horario en particular debido a que las mediciones de tiempos se realizaron en dicho contexto.

Se concluye que la productividad del departamento de cajas de una tienda de mejoramiento del hogar aumenta debido a que se logra llegar al objetivo de los indicadores de productividad, con el análisis de líneas de espera realizado a través de las recomendaciones de dotación entregadas por el modelo de regresión lineal y que posteriormente es validada con el modelo de simulación del sistema de cajas de la tienda de mejoramiento del hogar.

Palabras clave:

Líneas de espera, Productividad, Homecenter, Subdotación, Sobredotación, Modelo de regresión, simulación.

ABSTRACT

The objective of this research is to carry out an analysis of waiting lines to increase the productivity of the cashier department of a home improvement store or homecenter.

After making the determination of moments of subdotation and overdotation from transactional data, a regression model was constructed that determines the length of the waiting line and the number of boxes in operation. This was how the number of boxes could be found for each day and hourly range that satisfies good customer service and increases productivity. In addition, it was possible to represent the situation by means of a simulation model in a particular day and time range because the time measurements were made in that context.

It is concluded that the productivity of the department of boxes of a store of improvement of the home increases because it is possible to reach the objective of the KPIs or indicators of productivity, with the analysis of waiting lines realized through the recommendations of endowment delivered by the linear regression model, which is subsequently validated with the simulation model of the cashier department system.

Keywords:

Waiting lines, Productivity, Homecenter, subdotation, overdotation, Regression Model, Simulation.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática.

Una tienda especializada en mejoramiento del hogar está orientada en proporcionar productos y servicios de equipamiento, renovación, remodelación, decoración de las casas y para profesionales de la construcción, ferretería, maderas, entre otros y suelen tener su superficie comercial en secciones, organizadas en departamentos separados.

Ingresa en la década del 2000 siguiendo el avance de los retail donde inicialmente se insertaron los supermercados y luego las tiendas por departamento. Los primeros en operar fueron Ace Home Center -ahora Maestro-, Casinelli y Sodimac, mientras que el último es Promart, que puso su primer local en el 2011 (Ver anexo 4).

Actualmente Sodimac (Sociedad Distribuidora de Materiales de Construcción) es una empresa comercial líder en Latinoamérica con más de 50 años de experiencia y presencia en Chile, Colombia, Argentina, Perú y Brasil. Se tiene una fuerza laboral de 20,000 empleados y una facturación anual de ventas de más de 1,500 millones de dólares.

La tienda Sodimac Piura es una de las tiendas que siempre cuenta con la mejor solución a todas las necesidades en los ámbitos de la construcción, el mantenimiento o el mejoramiento de la casa y con los mejores precios del mercado, sin embargo a pesar de un crecimiento de la demanda no se ha llegado a brindar una atención excelente al cliente viéndose reflejado en la productividad del departamento de cajas que bajó considerablemente el último año y por lo cual haciendo un análisis se determinó que no existe una adecuada organización en las colas durante el proceso de atención en cajas a lo que conlleva a que el tiempo de duración de este proceso sea muy largo y el cliente quede insatisfecho.

Una disponibilidad de cajas mayor que la demanda trae consigo costos innecesarios por personal ocioso, y, por el contrario, una demanda mayor que la oferta de cajas, trae consigo además de fatiga en los pocos cajeros que tienen sobrecarga de clientes, los costos de los clientes insatisfechos que tuvieron un largo tiempo de espera en cola para ser atendido generando malestar en su estadía en tienda y el no retorno de dichos clientes a la empresa.

Este trabajo tiene como propósito proponer un modelo que sirva de apoyo a las decisiones de asignación de cajas para ello plantea un análisis de líneas de espera para que la asignación sea eficiente y así mejorar la productividad en el departamento de cajas de una tienda de mejoramiento del hogar.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Pregunta general

¿De qué manera aumenta la productividad del departamento de cajas de una tienda de mejoramiento del hogar con un análisis de líneas de espera?

1.2.2. Pregunta específica

¿Cómo se determina los momentos de subdotación y sobredotación que se presenta en el tiempo con el uso de datos transaccionales?

¿Cuáles son los factores que afectan la longitud de cola mediante un análisis de regresión lineal?

¿De qué forma el tipo de distribución de probabilidad de las llegadas y los servicios afectan el modelo de líneas de espera?

¿De qué forma se obtiene el modelo de simulación del sistema de cajas a partir de las distribuciones de tiempo entre llegadas y tiempo de atención?

1.3. Justificación e importancia de la investigación.

1.3.1. Justificación

Uno de los objetivos comerciales que tienen las tiendas por departamento es brindar un adecuado servicio al cliente. Es por ello que en el caso de Sodimac se consolidó una encuesta online para que el público pueda opinar sobre la atención recibida a través del sitio web de Sodimac y que tiene por objetivo evaluar la experiencia de compra por parte de los clientes. En el año 2016 en Sodimac Piura se recibió en promedio un total de 3280 encuestas. Al consultar a los clientes si se recomendaría a un familiar o amigo la tienda Sodimac, el 54% de los clientes calificó con nota 9 y 10 (escala de 0 a 10), además al consultar en dicha encuesta la satisfacción en cajas, el 48% de los clientes los calificó con nota 9 y 10. Esto indica que el 52% de los clientes de Sodimac no está satisfecho con la atención brindada en cajas debido al tiempo que debe esperar para ser atendido.

Por ello surge la necesidad en Sodimac de brindar una mejor calidad en el servicio que se ofrece, pues las decisiones tomadas en la gestión de las cajas de una tienda de mejoramiento del hogar son muy importantes al momento de entregar un buen servicio al cliente en el momento de su compra, ya que sólo el largo de la cola de una caja puede afectarlo de dos formas: regresa o ya no regresa a comprar en dicho establecimiento.

En la tienda Sodimac Piura se busca determinar cuántas cajas debe habilitar en cada horario para acabar con la problemática donde la capacidad de servicio es menor que la capacidad demandada o viceversa para que las colas sean las más cortas posibles y nuestros clientes tengan satisfacción en el servicio brindado en Sodimac de tal forma que la productividad en el departamento de cajas sea óptima. Es por ello que aplicar el modelo propuesto en este trabajo ayuda a la gestión de cajas para mejorar la experiencia del cliente y llevarlo a que repita su compra.

1.3.2. Importancia

Una parte elemental de un buen servicio es que el cliente pase el menor tiempo posible de espera en la cola de caja para pagar sus productos por lo cual debe haber una eficiente asignación de las cajas de la tienda especializada en mejoramiento del hogar donde se debe equilibrar la oferta de cajas disponibles con la demanda de las mismas.

Es de gran importancia desarrollar un análisis de líneas de espera en la tienda Sodimac para incrementar la productividad del departamento de cajas de la misma y controlar las eventualidades gestionando el personal de atención en cajas de forma eficiente.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar un análisis de líneas de espera para aumentar la productividad del departamento de cajas de una tienda de mejoramiento del hogar.

1.4.2. Objetivos específicos

Determinar los momentos de subdotación y sobredotación que se presenta en el tiempo mediante el uso de datos transaccionales.

Identificar factores que afectan la longitud de cola mediante un análisis de regresión lineal.

Determinar el tipo de distribución de probabilidad de las llegadas y los servicios mediante mediciones de tiempo promedio de espera en el sistema de cajas.

Obtener el modelo de simulación del sistema de cajas a partir de las distribuciones de tiempo entre llegadas y tiempo de atención.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco referencial

SODIMAC, sigla de Sociedad Distribuidora de Materiales de Construcción, es una empresa chilena dedicada al rubro de la construcción y al mejoramiento del hogar, perteneciente al holding Falabella con presencia en Chile, Colombia, Perú, Argentina, Brasil, Uruguay y Mexico.

Visión: Ser la empresa líder en hacer realidad los proyectos de nuestros clientes, con un servicio de excelencia, contribuyendo al desarrollo y calidad de vida de nuestros asociados y de la comunidad.

Misión: Dar siempre soluciones a personas y contratistas para que puedan concretar proyectos de construcción, reparación, equipamiento y decoración del hogar, mejorando la calidad de vida de las familias, a través de un servicio de excelencia y los mejores precios del mercado.

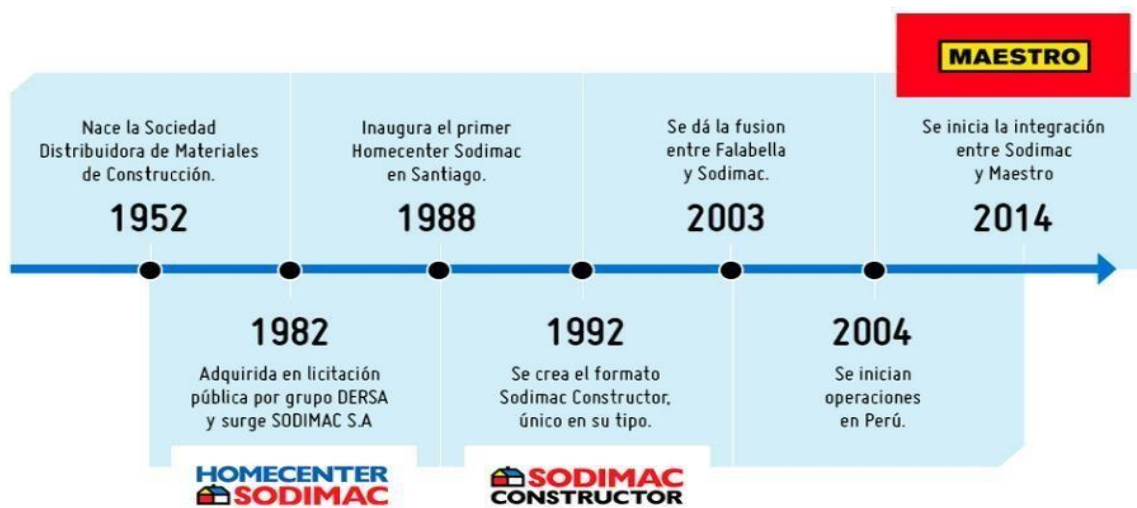


Figura 1: Historia de Sodimac en Perú

Fuente: Elaboración propia.

Sodimac Perú cuenta hoy en día con 26 tiendas con lo último de la tecnología y concebidas para estar entre las más modernas de América Latina. Para desarrollar su negocio, Sodimac

ha implementado una exitosa estrategia de segmentación de mercado, basada en diferentes formatos de ventas y servicios complementarios ofrecidos a sus clientes.



Figura 2: Formato de venta Sodimac

Fuente: Sodimac website.

Las tiendas Sodimac Homecenter ofrecen una amplia variedad de productos y servicios, destinados al equipamiento, renovación, remodelación y decoración, y se orientan principalmente a familias que buscan mejorar sus hogares.

Sodimac Constructor se enfoca en los profesionales, maestros y contratistas que buscan materiales de construcción y productos de ferretería a los mejores precios. Estos clientes exigen una atención rápida y experta.

Sodimac Venta Empresas atiende a empresas constructoras, industriales y metalmecánicas, así como a ferreterías. Estos clientes compran en grandes volúmenes y requieren mucha formalidad en el cumplimiento de los compromisos y plazos de entrega.

La empresa tiene además un canal de Venta a Distancia y Servicios, que en términos estratégicos es un complemento de apoyo al negocio global de Sodimac. Esto implica que al proceso de venta tradicional se suman servicios de arriendo, despacho a domicilio y apoyo con información y orientación a través de la página web y el call center de la compañía.

2.2. Antecedentes de investigación

Medeiros (2012) realizó la investigación “Modelo de gestión de cajas de un supermercado utilizando datos transaccionales” desarrollado para obtener el título de ingeniera civil industrial en la Universidad de Chile, teniendo como objetivo definir la dotación de las cajas de un supermercado utilizando datos transaccionales y observaciones en sala, para su correcta gestión en momentos de subdotación y sobredotación del sistema. La metodología consistió en realizar un modelo que recoge los datos transaccionales del punto de venta y estima el largo de la cola promedio en cada horario. Para calibrar el modelo mencionado, se combinaron datos del punto de venta y de mediciones del largo de la cola realizadas en la sala. El modelo se aplicó para dos locales en los cuales se detectaron problemas de dotación Vitacura y Ñuñoa. Llegando a la conclusión que luego de realizar la caracterización, en base a mediciones y observaciones en la sala, se logró construir un modelo de regresión que estima el largo de la cola en función de los datos transaccionales del punto de venta y del número de cajas en funcionamiento. Además, se logró representar la situación mediante un modelo de simulación, el que sólo representa el escenario en particular, pues se realizó en base a una medición realizada en ese escenario. Se compararon ambos modelos y se concluye que la regresión se ajusta bien a la generalidad de los casos, y que la simulación se ajusta mejor que la regresión en cada escenario en particular, pero no puede generalizarse a todos los casos. Los resultados arrojados por el modelo de regresión permitieron realizar recomendaciones de dotación para los locales estudiados. En el caso de Vitacura, en un 87% de las horas estudiadas existe sobredotación, la cual se presenta todos los días y en todos los horarios y se obtiene un beneficio económico de

\$3.608.097 anuales. Por ello, el modelo recomendó a Vitacura, mantener o disminuir las cajas habilitadas en la mayoría de los casos.

Por el contrario, en el caso del local de Ñuñoa, en el 58% del total de las horas estudiadas existe subdotación, principalmente en los horarios del día donde el flujo de clientes aumenta en el cual se obtienen beneficios económicos anuales de \$38.212.930. Por ello, el modelo recomendó aumentar cajas en horarios con mayor demanda y disminuir cajas en horarios de menor demanda.

La metodología utilizada en esta investigación sirvió como guía para el presente trabajo.

Arista (2016) realizó la investigación “Aplicación de la teoría de colas al problema de atención al cliente para la optimización del número cajeros en ventanillas en la organización BCP” para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, teniendo como objetivo Dar solución al problema de la optimización del número de cajeros en ventanilla que minimice los costos de espera y los de servicios en la organización BCP, utilizando la metodología de modelación por simulación haciendo uso del software SIMIO, llegando a la conclusión La hipótesis quedó validada por la obtención de la solución en la meta de elegir el número de cajeros que minimiza el total de los costos de servir más los costos de esperar Se evidencia en la utilización de la simulación, el costo óptimo en un día es: S/ 296.7 y el número de cajeros es 5. Se recomendó utilizar la herramienta de la simulación para obtener respuestas ante situaciones de la búsqueda del mejor número de servidores.

El marco teórico sirvió para el desarrollo del presente estudio.

Bravo (2010) realizó la investigación denominada “metodología para optimizar dotación de personal en tiendas de especialidad” para optar por el título de ingeniero civil industrial en la Universidad de Chile, teniendo como objetivo desarrollar y aplicar una metodología que permita mejorar la dotación de personal para las tiendas Flores en la Región Metropolitana, con el fin de disminuir los costos de personal, manteniendo el nivel de servicio. En un inicio se realizó un completo análisis descriptivo de los locales de la empresa ubicados en la Región Metropolitana, para estimar patrones de comportamiento similares y clasificarlos en 4 grupos. Las variables de segmentación fueron la ubicación y el tipo de local (calle o mall). Se diseñó un modelo de compra basado en la observación y avalado por expertos, el cual permitió distinguir 4 procesos claves dentro de la compra, siendo éstos: selección del producto, probador, inscripción y pago. Posteriormente se realizó la toma de tiempos de atención de los procesos, en los locales más representativos de cada segmento. Con los resultados obtenidos tanto de tiempos promedio y probabilidades de compra calculadas, se estimó la carga horaria de cada local junto con estimación de demanda basada en las ventas del año 2009. Finalmente se desarrolló un modelo de programación lineal para determinar la cantidad de vendedores para cada tipo de contrato para cada local estudiado con la finalidad de disminuir los costos de contrato existentes.

Los resultados obtenidos, afirmaron la hipótesis de que la mayoría de los locales estaban sobredotados en su personal. Siendo el local Vespucio el que se encuentra más sobredotado y en contraste se encontró que el local Apumanque se encuentra con la dotación adecuada en estos momentos. En consecuencia, el modelo propone disminuir la cantidad de vendedores full time y contratar nuevos vendedores peak time. La reducción de costos llega a un 21% en los tres periodos analizados julio, agosto y septiembre para los locales estudiados, disminuyendo significativamente sus horas ociosas en un 36%. Se propone como trabajo futuro realizar una calendarización de la fuerza de venta para los locales estudiados para poder flexibilizar el horario de entrada a la jornada laboral de los contratos de tipo full time para disminuir la cantidad de horas ociosas que resultan al aplicar el modelo.

Sellers (2005) realizó la tesis doctoral “Productividad y eficiencia en la distribución comercial minorista española” en la Universidad de Alicante. Su objetivo general de la presente tesis doctoral es analizar la productividad desde una perspectiva dinámica a través de la estimación de los índices de productividad Malmquist. La metodología de investigación sigue el marco teórico propuesto por Diewert (1976) y Caves Christensen y Diewert (1982), que toma como punto de partida el índice de productividad de Malmquist (1953) para distinguir los cambios en la productividad de cada empresa entre dos periodos de tiempo en dos partes: Variaciones en el nivel de eficiencia de cada empresa como consecuencia de cambios en su comportamiento (cambio en la eficiencia), y variaciones consecuencia de cambios en la tecnología de producción disponible (progreso tecnológico o cambio técnico derivado de desplazamientos en la frontera). El análisis se efectúa a una muestra de 100 cadenas de supermercados que operan en España entre 1995 y 2001.

Los resultados obtenidos permiten detectar la existencia de elevados índices de ineficiencia. La estimación del cambio productivo mediante el índice de Malmquist, muestra un ligero incremento de la productividad media anual de las empresas analizadas entre 1995 y 2001. Finalmente, como futuras líneas de investigación se proponen las siguientes. Considerar otros intermediarios del sector de la distribución, en particular los hipermercados. Incluir otras variables de output no monetario como la calidad del servicio, y otros factores determinantes de la eficiencia, como por ejemplo la ubicación de los establecimientos. El marco teórico sobre la variable dependiente sirvió para el desarrollo de la investigación.

2.3. Bases teóricas – científicas

2.3.1. La teoría de colas

2.3.1.1. Definición

La teoría de colas es una disciplina, dentro de la investigación operativa, que tiene por objeto el estudio y análisis de situaciones en las que existen entes que demandan cierto servicio no puede ser satisfecho instantáneamente, por lo cual se provocan esperas. (Cao Abad, 2002)

Se forman debido a un desequilibrio temporal entre la demanda del servicio y la capacidad del sistema para suministrarlo. (Ayala, 2008)

2.3.1.2. Estructura de los problemas de línea de espera

Según Carro & González (2013), el análisis de los problemas de líneas de espera comienza con una descripción de los elementos básicos de la situación. Cada situación específica tendrá características diferentes, pero cuatro elementos son comunes a todas ellas:

- Un insumo o población de clientes, que genera clientes potenciales
- Una línea o fila de espera formada por los clientes.
- La instalación de servicio, constituida por una persona o una cuadrilla, una máquina o grupo de máquinas o ambas cosas si así se requiere para proveer el servicio que el cliente solicita.
- Una regla de prioridad para seleccionar al siguiente cliente que será atendido por la instalación de servicio.

2.3.1.3. Objetivos de un sistema de colas

Una Cola o Línea de Espera se forma cuando un conjunto de entidades (personas, productos, etc.) demandan un cierto servicio en un momento dado, excediendo la capacidad para prestarlo en ese instante, es decir, se genera un sistema de espera debido a la imposibilidad de atender a un número de entidades mayor a la capacidad de atención del sistema.

Los objetivos de la Teoría de Colas son principalmente: Identificar el nivel óptimo de capacidad del sistema que minimice el costo global del mismo; evaluar el impacto que las

posibles alternativas de modificación de la capacidad del sistema tendrían en el costo total de éste; establecer un balance equilibrado ("óptimo") entre las consideraciones cuantitativas de costos y las cualitativas de servicio, prestando así atención al tiempo de permanencia en la cola, por ejemplo, la paciencia de un cliente depende del tipo de servicio en particular considerado y eso puede hacer que un cliente abandone el sistema. (Medeiros Ruiz, 2012)



Figura 3: Sistema de colas

Fuente: Medeiros Ruiz, 2012

2.3.1.4. Elementos de los sistemas de colas

Seis son las características básicas que se deben utilizar para describir adecuadamente un sistema de colas:

- Patrón de llegada de los clientes
- Patrón de servicio de los servidores
- Número de servidores
- Disciplina de cola
- Capacidad del sistema
- Etapas de servicio

A. Patrón de llegada de los clientes

El proceso de llegada de las entidades al sistema representa la forma en que las llegadas a la cola ocurren. Generalmente, se caracteriza por el tiempo entre llegadas sucesivas, el cual puede ser determinístico (constante) o estocástico. En este último caso, se representa mediante una distribución de probabilidades. (Medeiros Ruiz, 2012)

Además habría que tener en cuenta si los clientes llegan independiente o simultáneamente. En este segundo caso (es decir, si llegan lotes) habría que definir la distribución probabilística de éstos.

También es posible que los clientes sean “impacientes”. Es decir, que lleguen a la cola y si es demasiado larga se vayan, o que tras esperar mucho rato en la cola decidan abandonar.

Por último, es posible que el patrón de llegada varíe con el tiempo. Si se mantiene constante le llamamos estacionario, si por ejemplo varía con las horas del día es no-estacionario. (García, 2015)

B. Patrones de servicio de los servidores

El proceso de atención representa la forma en que el servicio es entregado. Generalmente, es caracterizado como el tiempo necesario para completar el servicio, es decir, el tiempo de atención de cada entidad. Este tiempo puede ser determinístico (constante, cada entidad demora lo mismo para cada entidad) o estocástico. Es este último caso, se representará mediante una distribución de probabilidades. (Medeiros Ruiz, 2012)

El tiempo de servicio también puede variar con el número de clientes en la cola, trabajando más rápido o más lento, y en este caso se llama patrones de servicio dependientes. Al igual que el patrón de llegadas el patrón de servicio puede ser no-estacionario, variando con el tiempo transcurrido. (García, 2015)

C. Número de servidores

En un sistema puede haber uno o más servidores en paralelo. Si hay más de un servidor, cada servidor puede tener su cola individual e independiente de las otras o todos los servidores pueden tener una cola en común. Si una entidad llega y encuentra más de un servidor desocupado, escogerá de forma aleatoria uno para su atención. (Medeiros Ruiz, 2012)



Figura 4: Número de servidores

Fuente: Medeiros Ruiz, 2012

D. Disciplina de cola

Indica la forma en que se seleccionan las entidades de la cola para ser atendidas. Generalmente se usa un enfoque FIFO (“First In, First Out”), es decir, el primero que llega a la cola es el primero en ser atendido. También existe el enfoque LIFO (“Last In, First Out”), es decir, el último que llega a la cola es el primero en ser atendido. En el enfoque Random se eligen entidades al azar para ser atendidas. Por último, el enfoque también puede ser por prioridad de entidades. (Medeiros Ruiz, 2012)

E. Capacidad del sistema

Un sistema de atención tendrá capacidad infinita si la cola puede crecer indefinidamente y tendrá capacidad finita si la cola sólo acepta un número acotado de entidades. Si un sistema tiene una capacidad finita y en un momento dado se alcanza, entonces las entidades que sigan llegando no podrán ingresar al sistema y lo abandonarán. (Medeiros Ruiz, 2012)

F. Etapas de servicio

Un sistema de colas puede ser unietapa o multietapa. En los sistemas multietapa el cliente puede pasar por un número de etapas mayor que uno. Una peluquería es un sistema unietapa, salvo que haya diferentes servicios (manicura, maquillaje) y cada uno de estos servicios sea desarrollado por un servidor diferente.

En algunos sistemas multietapa se puede admitir la vuelta atrás o “reciclado”, esto es habitual en sistemas productivos como controles de calidad y reprocesos.

(García, 2015)

2.3.1.5. Distribuciones de probabilidades

Las fuentes de variación en los problemas de filas de espera provienen del carácter aleatorio de la llegada de los clientes y de las variaciones que se registran en los tiempos requeridos para proporcionar el servicio. Cada una de esas fuentes se describe mediante una distribución de probabilidades. (Taha, 2004)

A.- DISTRIBUCIÓN DE LLEGADAS

La llegada de clientes a las instalaciones de servicio es aleatoria. La variabilidad en los intervalos de llegada de los clientes a menudo se describe por medio de una distribución de Poisson, que especifica la probabilidad de que n clientes lleguen en T periodos de tiempo.

$$P_n = \frac{(\lambda T)^n}{n!} e^{-\lambda T} \text{ para } n = 0, 1, 2, \dots$$

Donde

$$P_n = \text{probabilidad de } n \text{ llegadas en } T \text{ periodos de tiempo}$$
$$\lambda = \text{número promedio de llegadas de clientes por periodo}$$
$$e = 2.7183$$

La media de la distribución de Poisson es λT , y la varianza también es λT . La distribución de Poisson es una distribución discreta; es decir, las probabilidades corresponden a un número específico de llegadas por unidad de tiempo.

B.- DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE SERVICIO

La distribución exponencial describe la probabilidad de que el tiempo de servicio del cliente en una instalación determinada no sea mayor que T periodos de tiempo. La probabilidad puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$P(t \leq T) = 1 - e^{-\mu T}$$

Donde:

μ = número promedio de clientes que completan el servicio por periodo

t = tiempo de servicio del cliente

T = tiempo de servicio objetivo

La media de la distribución del tiempo de servicio es $1/\mu$, y la varianza es $(1/\mu)^2$. A medida que T se incrementa, la probabilidad de que el tiempo de servicio del cliente sea menor que T se va aproximando a 1.0.

2.3.1.6. Notación de la teoría de colas

La notación de Kendall de la Teoría de Espera se basa en el siguiente esquema: A/B/C/D/E, donde:

A: Distribución de probabilidad del tiempo entre llegadas sucesivas.

B: Distribución de probabilidad del tiempo de atención.

C: Número de servidores en paralelo. Se representa numéricamente.

D: Capacidad máxima del sistema. Se representa numéricamente.

E: Indica el tamaño de la población que da origen a las llegadas. Si el tamaño de la población es finito, la distribución del tiempo de llegadas se verá afectada por el número de entidades que haya en el sistema (mientras más entidades en el sistema, hay menos llegadas potenciales a éste).

Para las distribuciones de probabilidad, los símbolos usados son:

M: Para la distribución exponencial.

Ek: Para la distribución Erlang-k.

D: En el caso determinístico.

G: Para una distribución general o arbitrario.

2.3.1.7. Medidas de desempeño

Expresan la manera en la que funciona un sistema o línea de espera, las más comunes son:

Utilización de servidores

ρ : Fracción de tiempo en que los servidores están ocupados = λ/μ

Longitud:

L_q : Número promedio de clientes en cola.

L_s : Número de clientes en el sistema.

$L = L_q +$ promedio de clientes que están siendo atendidos.

Tiempos de espera:

W_q : Tiempo promedio que un cliente espera en la cola.

W_s : Tiempo promedio que un cliente pasa en el sistema.

Probabilidades:

P_0 : Probabilidad de que no haya clientes en el sistema.

P_w : Probabilidad de que un cliente que llega tenga que esperar para que sea atendido.

P_n : Probabilidad de que haya n clientes en el sistema.

ECUACIONES DE FLUJO DE LITTLE

$$L = \lambda W$$
$$L_q = \lambda W_q$$

RELACIÓN: TIEMPO EN SISTEMA--TIEMPO DE SERVICIO

$$W = W_q + 1/\mu$$

Figura 5: Relaciones entre medidas de desempeño

Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior es válido cuando el proceso de llegadas es Poisson y la disciplina de la cola es FIFO y solamente hay un canal (M / M / 1 FIFO) y además ilimitada la capacidad del sistema.

2.3.2. Simulación de sistemas

2.3.2.1. Definición

La simulación consiste en el desarrollo de un modelo lógico-matemático de un sistema, de forma tal que represente una imitación de la operación de un proceso de la vida real a través del tiempo. La simulación genera una historia artificial de un sistema, la observación de esta historia mediante la manipulación experimental nos ayuda a inferir las características operacionales de él.

2.3.2.2. Elementos de la simulación

Los modelos matemáticos de sistemas constan de cuatro elementos bien definidos: los componentes, variables, parámetros y relaciones funcionales.

Las **variables** que aparecen en los modelos se emplean para relacionar un componente con otro y se clasifican como variables exógenas, variables de estado y variables endógenas.

Las **variables exógenas** son las independientes o de entrada del modelo y se supone que han sido determinadas y proporcionadas independientemente del sistema que se modela. Puede considerarse que estas variables actúan sobre el sistema, pero no reciben acción alguna de parte de él.

Las **variables de estado**, describen el estado de un sistema o uno de sus componentes, ya sea al comienzo, al final o durante un periodo. Estas variables interaccionan con las variables exógenas del sistema y con las endógenas, de acuerdo a las relaciones funcionales supuestas para el sistema. El valor de una variable de estado, durante un periodo particular de tiempo, puede depender no solamente de los valores de una o más variables exógenas en algún periodo precedente, sino también del valor de ciertas variables de salida en periodos anteriores.

Las **variables endógenas** son las dependientes o salida del sistema y son generadas por la interacción de las variables exógenas con las del estado, de acuerdo con las características de operación del último.

El hecho que una variable en particular esté, clasificada como exógena, de estado o endógena, depende del propósito de la investigación.

Una **característica de operación** es una hipótesis, generalmente una ecuación matemática, que relaciona las variables endógenas y de estado del sistema, con sus variables exógenas. Las características de operación aplicadas a procesos estocásticos toman la forma de funciones de densidad de probabilidad. La precisión de los resultados de una simulación depende, en gran parte, de la exactitud con que se estimen los parámetros del sistema.

2.3.3. Productividad

Según el diccionario de la Real Academia Española (RAE), la productividad es un concepto que describe la capacidad o el nivel de producción por unidad de superficies de tierras cultivadas, de trabajo o de equipos industriales.

La productividad suele estar asociada a la eficiencia y al tiempo: cuanto menos tiempo se invierte en lograr el resultado anhelado, mayor será el carácter productivo del sistema. (Pérez Porto & Gardey, 2008)

2.3.3.1. La productividad en el departamento de cajas

La productividad como proceso de cobro y escaneo de productos podemos definirla sencillamente como la relación entre los resultados (número de artículos escaneados) y el tiempo utilizado para registrarlos.

Indicadores de productividad (Kpi's)

Los KPI's que los grandes operadores manejan desde hace años analizan estos datos con el objetivo de aumentar productividades y establecer benchmarking entre sus distintos establecimientos para de esta forma, detectar las tiendas desposicionadas y así poner en marcha planes de acción que corrijan estas desviaciones. (Torres, 2015)

En la tienda de mejoramiento del hogar se emplean los siguientes KPI's:

- **Transacciones por hora:** se refiere al número de documentos de venta emitido por cada cajero por hora, lo que otras palabras quiere decir número de clientes atendidos por hora.
- **Tiempo por transacción:** se refiere al tiempo que se demora el cajero en atender un cliente, se obtiene de dividir el tiempo en minutos en que el cajero estuvo ocupado atendiendo (indicador de ocupación), entre las transacciones por hora.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General.

El análisis de líneas de espera contribuirá al incremento de la productividad en el departamento de cajas de una tienda de mejoramiento del hogar.

2.4.2. Hipótesis Específicas.

El uso de datos transaccionales determinará los momentos de subdotación y sobredotación que se presenta en el tiempo.

Un análisis de regresión lineal permitirá identificar factores que afectan la longitud de cola.

Las mediciones de tiempo de espera en el sistema de cajas permitirán determinar el tipo de distribución de probabilidad de las llegadas y los servicios.

Las distribuciones de tiempos entre llegadas y tiempos de atención, permitirán realizar un modelo de simulación del sistema de cajas.

2.5. Definición y Operacionalización de variables

Cuadro 2.1: Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de medición
Líneas de espera	Las líneas de Espera hace uso de modelos matemáticos para encontrar un balance adecuado entre el nivel de servicio ofrecido a los clientes y los costos asociados a su prestación, su estudio trata de cuantificar el fenómeno de esperar formando colas, mediante medidas representativas de eficiencia, como la longitud promedio de la cola, el tiempo promedio de espera en ella, y la utilización promedio de instalaciones.	Número de clientes que esperan servicio.	Longitud promedio de la cola.	Razón
		Tiempo promedio que un cliente recién llegado tiene que esperar en la fila antes de ser atendido.	Tiempo promedio de espera	Razón
		Tiempo en promedio en que el cliente es atendido.	Tiempo de atención	Razón
Productividad en el departamento de cajas	La relación entre los resultados (número de artículos escaneados) y el tiempo utilizado para registrarlos.	Se muestra en una hora el número de clientes que atiende el cajero.	Total de transacciones / hora	Razón
		El tiempo en que se demora el cajero en atender a un cliente.	Tiempo promedio por transacción	Razón

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque

La investigación se considera de enfoque cuantitativo porque se usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

3.2. Diseño

El diseño de la investigación es no experimental, debido a que la obtención de datos se realizará una sola vez en cada unidad de análisis en donde se utilizarán dos instrumentos de recolección de datos como son la observación directa y el análisis cuantitativo de contenido.

G: Departamento de cajas de Sodimac Piura

X: Análisis de líneas de espera

O: Productividad en departamento de cajas

G: X O

3.3. Nivel

El nivel de la investigación es descriptivo, porque lo que se pretende es “describir y registrar” lo observado, como el comportamiento de una o más variables en un grupo de sujetos en un periodo de tiempo y se estima parámetros.

3.4. Tipo

Existen varias tipologías, pudiendo considerar las siguientes:

Aplicada porque se resolverá un problema.

Polivariable porque tiene dos variables de interés y permite comparar dos grupos de sujetos.

Transaccional y sincrónica porque las mediciones se realizan de forma única en una ocasión determinada.

3.5. Métodos y procedimientos

El análisis de los datos se realizó utilizando el software estadístico Statgraphics, SPSS y además se tuvo el uso continuo de los programas incluidos en el Paquete Office.

Luego de realizado el trabajo de campo se procedió a tabular los datos y a elaborar los cuadros estadísticos. Los resultados obtenidos fueron organizados en cuadros y gráficos para su mejor análisis.

Se hizo uso del software Arena para la simulación del sistema de cajas.

3.6. Técnicas e instrumentos

En el estudio se utilizó las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos e información:

Cuadro 3.1: Técnicas e Instrumentos

Indicador	Técnica	Instrumento
Número total de transacciones	Análisis cuantitativo de contenido	Ficha de análisis de contenido
Tiempo promedio por transacción	Análisis cuantitativo de contenido	Ficha de análisis de contenido

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Determinar momentos de subdotación y sobredotación

En esta etapa se analizó la data obtenida en la tienda de mejoramiento del hogar que tenemos en estudio para determinar en qué momentos hubo subdotación y sobredotación.

4.1.1.1. Análisis de datos

En la presente investigación se utilizaron los datos transaccionales obtenidos desde el sábado 2 de enero de 2016 hasta el domingo 31 de julio del 2016. Por restricciones de la empresa sólo se tomó 7 meses de datos para el estudio. Se tomaron datos del año pasado para que no se vieran influenciados por el desborde del río Piura ocurrido el 27 de marzo del 2017 donde la tienda permaneció cerrada hasta el 5 de mayo del 2017.

Cuadro 4.1: Características generales

Horario de atención Lunes a Sábado	7:30 am a 10:00 pm
Horario de atención Domingos y Feriados	8:00 am a 10:00 pm
Promedio aproximado diario de transacciones	1545
Promedio aproximado diario de líneas vendidas	4047
Nro. total de cajas	10 cajas en sala de ventas y 2 cajas en patio constructor.

Fuente: Elaboración propia.

Se eliminaron del registro de datos los feriados no laborables, en los cuales la tienda permanece cerrada y aparecen sin documentos de venta emitidos. En este caso sólo hay un feriado no laborable en el periodo de estudio que es el 1 de enero del 2016.

A continuación, se muestran los feriados laborables:

Cuadro 4.2: Feriados laborables

Fecha	Día	Feriado
24 Marzo	Jueves	Jueves Santo
25 Marzo	Viernes	Viernes Santo
1 Mayo	Domingo	Día del trabajo
8 Mayo	Domingo	Día de la madre
29 Junio	Miércoles	Día de San Pedro y San Pablo
19 Junio	Domingo	Día del padre
28 Julio	Jueves	Fiestas Patrias
29 Julio	Viernes	Fiestas Patrias

Fuente: Elaboración propia.

En esta etapa se realizó el estudio de la oferta y la demanda del departamento de cajas de la tienda Sodimac Piura para el período de tiempo anteriormente mencionado. Con este estudio, se pudo tener una primera aproximación del comportamiento de la demanda en distintos niveles: mensual, diaria y por hora.

Data mensual

Se analizó la data mensual de los documentos de venta desde enero a julio de 2016. Además, a partir de este análisis se puede observar donde se encuentran los picos y valles más relevantes dentro del período analizado.

Cuadro 4.3: Resumen de datos transaccionales

Total de días analizados	212
Rango horario analizado	7:00 a 22:00
Total de Documentos de venta	327784
Total de Líneas vendidas	858213

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestra el gráfico en la figura 6 con la suma de documentos de venta emitidos por día.

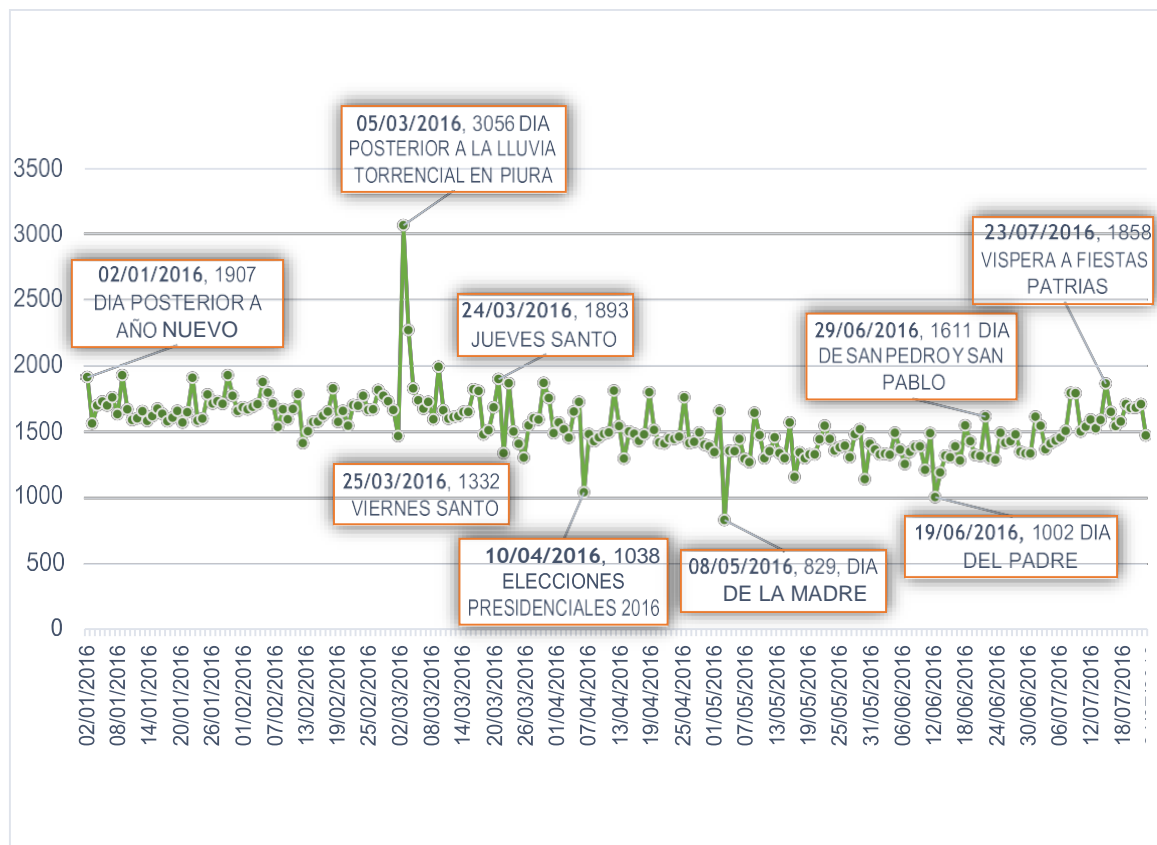


Figura 6: Cantidad de documentos de venta emitidos.

Fuente: Elaboración propia.

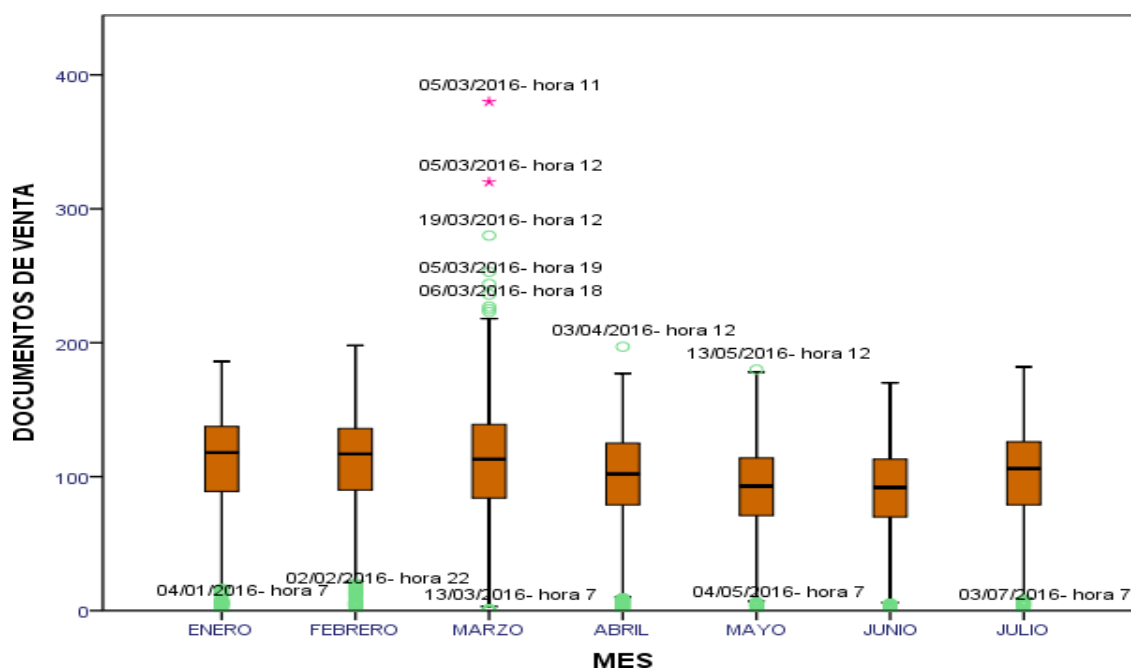


Figura 7: Variación de documentos de venta emitidos por mes

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que el mes de marzo es de mayor variabilidad en la demanda, debido a que en la ciudad de Piura se presenta la temporada de lluvias en este mes por lo cual la gente compra material de construcción y similares para el hogar.

El siguiente cuadro muestra la suma de documentos de venta emitidos por mes ordenado de forma ascendente en el que sobresale el mes de marzo como el mes de mayor demanda y el mes de junio como el de menor demanda.

Cuadro 4.4: Suma de Documentos de venta mensual

	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	DOM	Total
MAR	6295	7909	8228	8512	6026	9080	7217	53267
ENE	6444	6694	6701	6620	6588	9321	8197	50565
FEB	8324	6542	6597	6578	6786	7132	6430	48389
JUL	5817	5986	6057	5972	7372	8442	7848	47494
ABR	5668	5889	5888	5794	7654	8937	5833	45663
MAY	6751	6854	5613	5450	5498	6394	6299	42859
JUN	5161	5326	7007	6693	5284	6025	4921	40417

Fuente: Elaboración propia.

Data Diaria

Se estudió la demanda a nivel diario para conocer la variabilidad en los documentos de venta que presenta cada día, es decir si para un día determinado de la semana el número de documentos de venta es similar en cada mes del año. Este estudio es de gran importancia debido a que aquí se puede identificar qué día de la semana tiene mayor variabilidad en la demanda.

En el siguiente gráfico de la figura 8, se observa cómo se comporta el número de documentos de venta, donde la mayor cantidad de los documentos de venta emitidos los días jueves y sábado y una mayor variabilidad en el día domingo. Además, se observa que el día miércoles tiene menor variabilidad y además tiene menos documentos de venta emitidos.

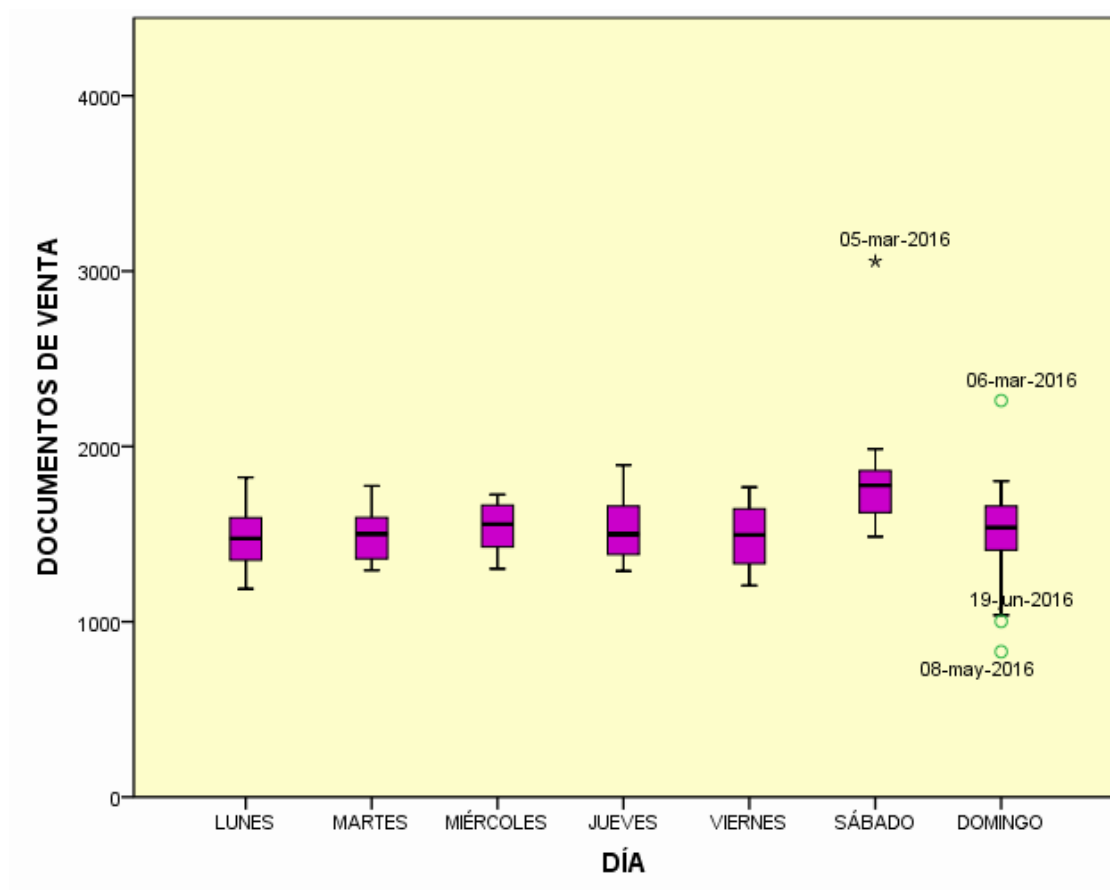


Figura 8: Variación de documentos de venta emitidos por día.

Fuente: Elaboración propia.

Data por hora

Se calculó la cantidad de documentos de venta por hora para conocer la carga de trabajo promedio en cada hora del día. Este análisis es importante porque se pueden identificar los horarios de mayor demanda donde se genera una posible subdotación. Del mismo modo, indica posibles problemas de sobredotación en los horarios en que la demanda es menor.

La figura 9 muestra un gráfico con la cantidad de documentos de venta por hora. En él se puede apreciar que los horarios peak fluctúan entre las 11:00 y 12:00 horas y entre las 19:00 y 20:00 horas. Asimismo, se puede ver una baja de demanda alrededor de las 14:00 y 15:00 horas.

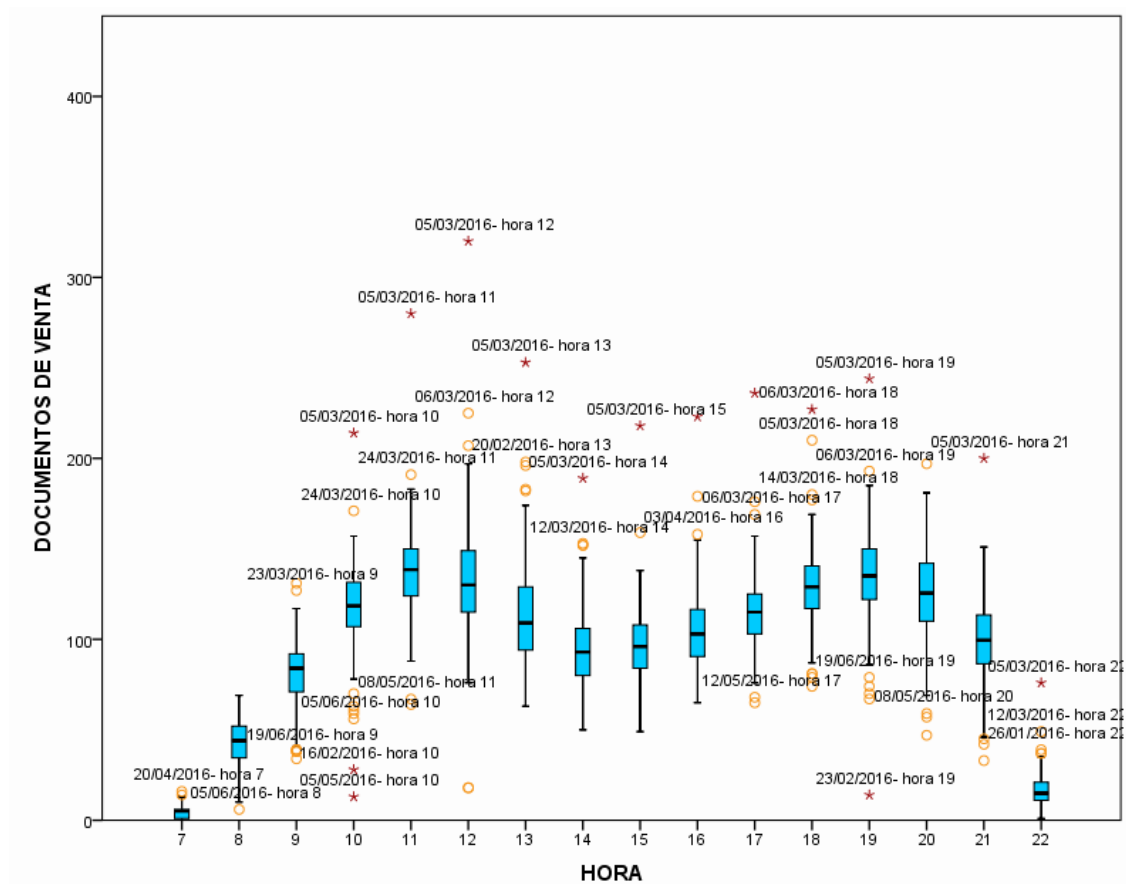


Figura 9: Variación de documentos de venta emitidos por hora.

Fuente: Elaboración propia.

Distribución de documentos de venta emitidos durante el día

El objetivo de obtener la distribución de la venta expresada en cantidad de documentos de venta emitidos durante el día es poder analizar cuáles son los horarios donde se concentra la mayor parte de la venta y por lo tanto, en qué horarios enfocar las recomendaciones de dotación futuras.

La figura 10 muestra que de lunes a viernes los documentos de venta se concentran a las 11 y 19 horas, donde de estos dos horarios el día lunes tiene más concentración en la noche a las 19 horas y en el día viernes se concentra en la mañana a las 11 horas.

Otro comportamiento presenta los fines de semana sábado y domingo, donde la mayor concentración se presenta el día sábado en la mañana en los horarios de 11 a 12 teniendo un mayor número de documentos de venta mayor a los demás días de la semana, en el día domingo se presenta el incremento a partir de las 12 del día, en estos dos días también se puede observar un incremento a las 19 horas de la noche.

Este análisis nos muestra las horas punta en que prefieren comprar los clientes de Sodimac dependiendo del día de la semana, horas en las que se debe enfocar el mejor servicio en el departamento de cajas.

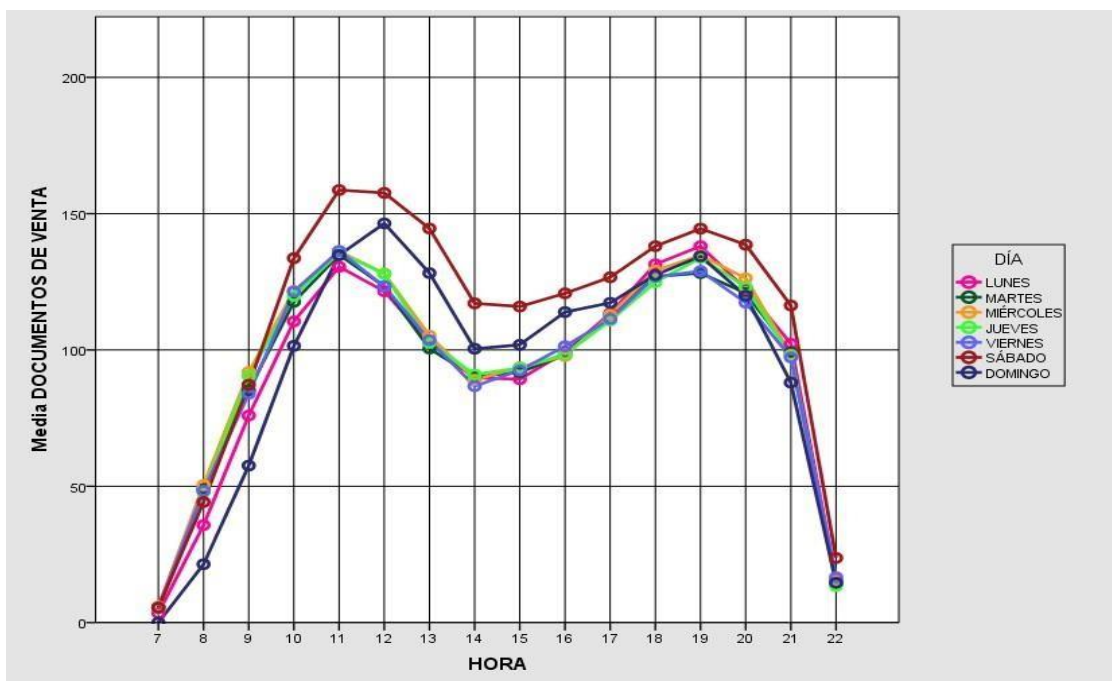


Figura 10: Promedio de documentos de venta emitidos por hora

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis anterior se puede concluir que la demanda en la tienda de mejoramiento del hogar depende principalmente del día de la semana y la hora generándose picos y valles. Además, hay días especiales como feriados que pueden determinar una demanda diferente como hemos visto anteriormente.

En el siguiente gráfico de superficies mostrado en la figura 11 se puede apreciar el número de documentos de venta emitidos por caja por hora por día donde se puede observar un número constante a partir de las 11 horas de lunes a sábado, sin embargo, se puede observar una subdotación en las primeras horas de la mañana.

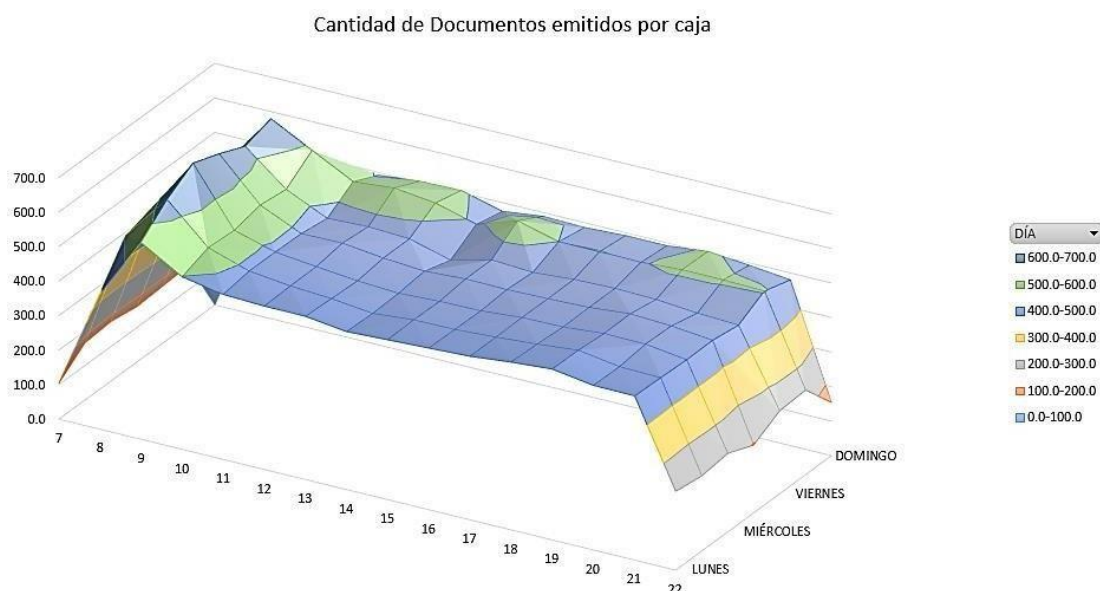


Figura 11: Cantidad de documentos de venta emitidos por caja

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se observa la variación de cajas habilitadas a lo largo del día, donde vemos una mayor variación en los horarios de 13 y 20 horas donde el número de cajas abiertas fluctúa entre 4 y 10 cajas; y una menor variabilidad en los horarios de la mañana donde el número de cajas casi no varía como se observa a las 8 con 3 cajas, a las 9 con 4 cajas y a las 10 con 7 cajas.

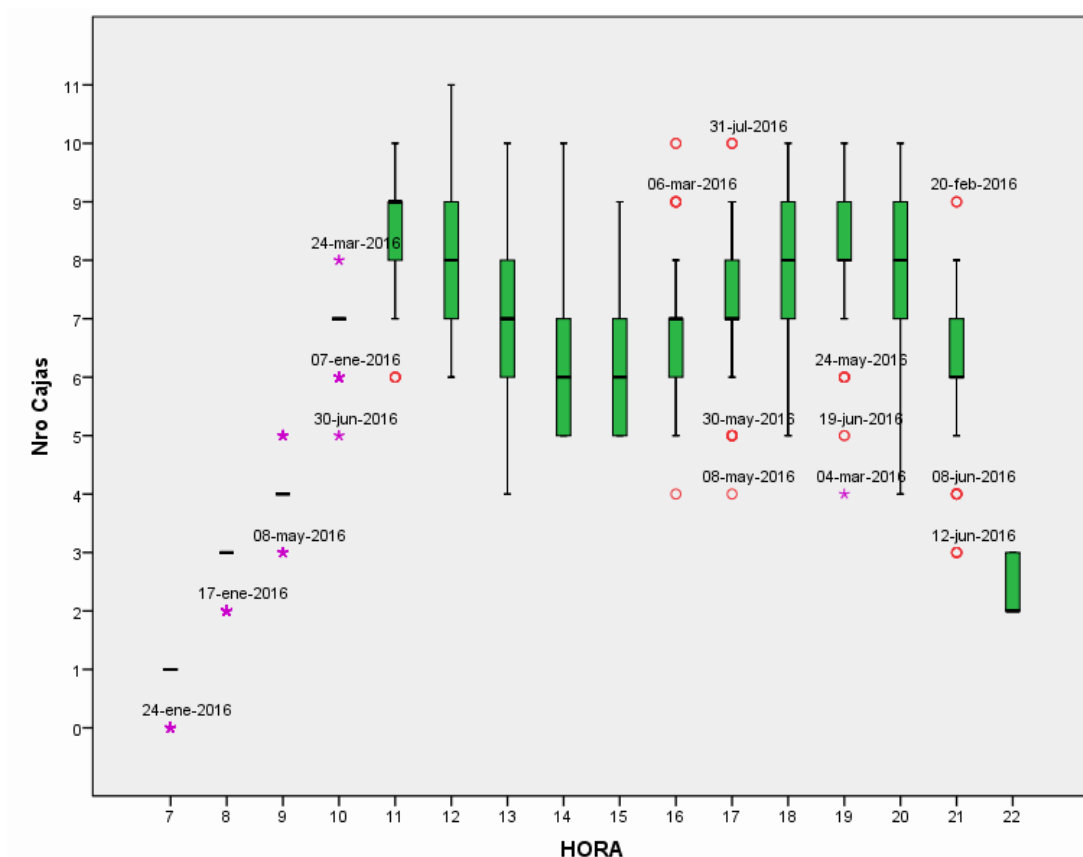


Figura 12: Variación de número de cajas por hora

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.2. Acciones de dotación

Indicador de Ocupación por Caja

El indicador de ocupación señala por cuánto tiempo estuvo ocupada la caja en una hora del día o en un rango de hora. Este indicador está definido de la siguiente manera para cada rango horario:

$$IO = \frac{TDV + N^{\circ} \text{Total Documentos Vendidos} + TLV + N^{\circ} \text{Total de Líneas Vendidas}}{\text{Nro de cajas operativas}}$$

Donde TDV es el tiempo que el cajero se demora en saludar al cliente, pedir su número de DNI en caso de ser boleto o número de RUC en caso de ser factura y realizar el pago; y TLV es el tiempo que el cajero se demora en realizar la pasada de un producto o línea vendida.

El indicador fue definido incorporando el número total de documentos de venta y el número total de líneas vendidas en el numerador, porque se consideró que:

Al incorporar sólo el número de documentos de venta, no se definirá el tamaño de la misma, es decir el tiempo utilizado dependiendo si hay pocos o muchos productos, debido a que este tiempo es el que espera el cliente en cola y al incorporar sólo el número de líneas vendidas, se deja de considerar el tiempo del saludo y pago que también debe esperar el cliente.

Los tiempos mencionados, fueron obtenidos mediante la medición de los tiempos en la tienda Sodimac. En la siguiente tabla se muestran los resultados de la medición.

Cuadro 4.5: Resultados de medición de tiempos de atención

Tiempo	Promedio (s)	Promedio (m)
TDV	46.2	0.77
TLV	13.1	0.22

Fuente: Elaboración propia.

El indicador se calculó para todos los días y para todos los rangos horarios.

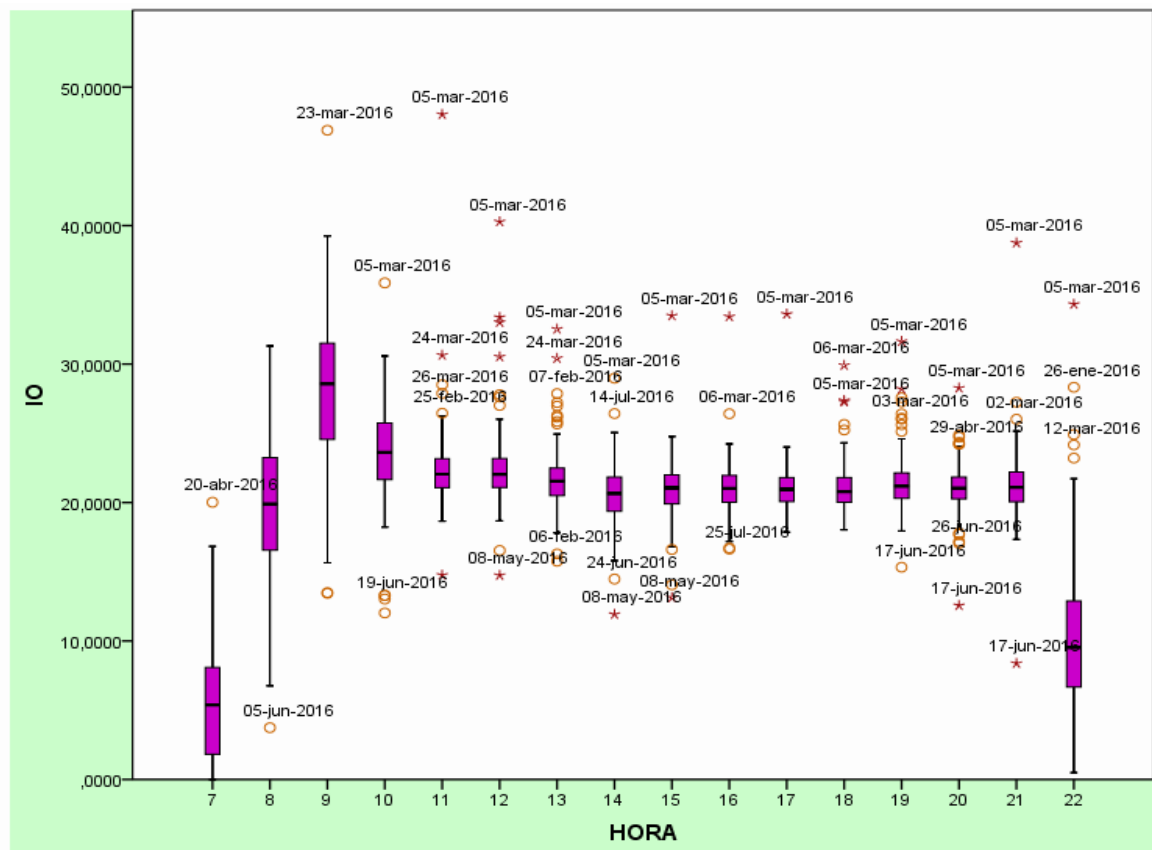


Figura 13: Variación de indicador de ocupación por hora

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar la carga de trabajo de los cajeros de la tienda es muy variable en las primeras horas del día por lo que los valores del indicador de ocupación llegan a superar los 45 minutos.

Reglas de dotación

Para determinar las reglas de dotación se realizó el cruce entre el indicador de ocupación por caja y la oferta de cajas en ese momento asumiendo que existe una relación directamente proporcional entre ellos.

Según su frecuencia, definieron tres rangos del indicador: OCUPADO, NORMAL Y DESOCUPADO.

Con ayuda de Excel se determinó el percentil que contiene el 15% de los extremos de los datos del indicador de ocupación y del número de cajas abiertas considerando que la relación entre el indicador de ocupación y el número de cajas abiertas es proporcional.

Cuadro 4.6: Intervalos de indicador de ocupación y de número cajas

	Sistema Desocupado	Sistema Normal	Sistema Ocupado
Indicador de ocupación	[0 a 17.5]	< 17.5 a 23.9]	< 23.9 , 46.9]
Número de cajas	[0 , 3]	[4 , 8]	[9 , 11]

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.7: Lógica de acciones de dotación

	Nro de cajas		
Indicador de ocupación por caja	Rango Inferior	Rango Intermedio	Rango Superior
DESOCUPADO	MANTENER ☺	DISMINUIR ↓	DISMINUIR ↓
NORMAL	AUMENTAR ↑	MANTENER ☺	DISMINUIR ↓
OCUPADO	AUMENTAR ↑	AUMENTAR ↑	MANTENER ☺

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al cuadro anterior, se determinó que el nivel recomendable de dotación de cajas cuando el indicador de ocupación está “DESOCUPADO”, es tener el rango 15% inferior de las cajas abiertas, cuando está en “NORMAL” se refiere al rango intermedio y cuando el indicador está en “OCUPADO” se debe tener el rango 15% superior de las cajas abiertas.

En los cuadros 4.8 y 4.9 a continuación muestra el resultado de las acciones de dotación en cantidad de horas y porcentaje respectivamente.

Cuadro 4.8: Resultado de acciones de dotación en cantidad de horas

Suma de IO	Número de cajas		
	0 a 3	4 a 8	9 a 11
Indicador de ocupación por caja			
DESOCUPADO	3783.69	650.09	16.29
NORMAL	2799.04	39608.50	7894.28
OCUPADO	1243.22	10096.66	2483.02

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados mostrados a continuación se destaca que en el 1.81% de las horas analizadas existió un problema de subdotación debido a que el número de cajas se encontraba en un rango inferior mientras que el indicador de ocupación por caja esta en rango superior, de la misma manera se destaca que el 0.02% presentó problemas de sobredotación con un nivel de ocupación bajo.

Cuadro 4.9: Resultado de acciones de dotación en porcentaje

Indicador	Nro de cajas				Total
de ocupación por caja		0 a 3	4 a 8	9 a 11	general
DESOCUPADO		5.52%	0.95%	0.02%	6.49%
NORMAL		4.08%	57.76%	11.51%	73.35%
OCUPADO		1.81%	14.72%	3.62%	20.16%
Total general		11.41%	73.43%	15.16%	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente grafico de la figura 14, se muestra el porcentaje total de horas a aumentar cajas, disminuir cajas y mantener cajas, donde se observa que predomina el porcentaje de mantener cajas con 67 % de las horas.

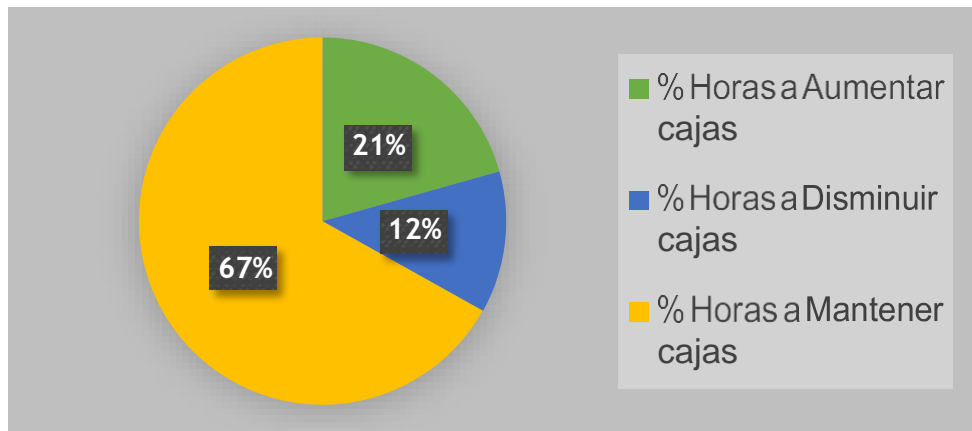


Figura 14: Diagrama pastel de acciones de dotación

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenidos los resultados generales determinado por el rango horario de acción de dotación es necesario verificar su comportamiento a través de las horas del día.

La figura 15 muestra detalladamente la acción que se debe tomar por rango horario del día.

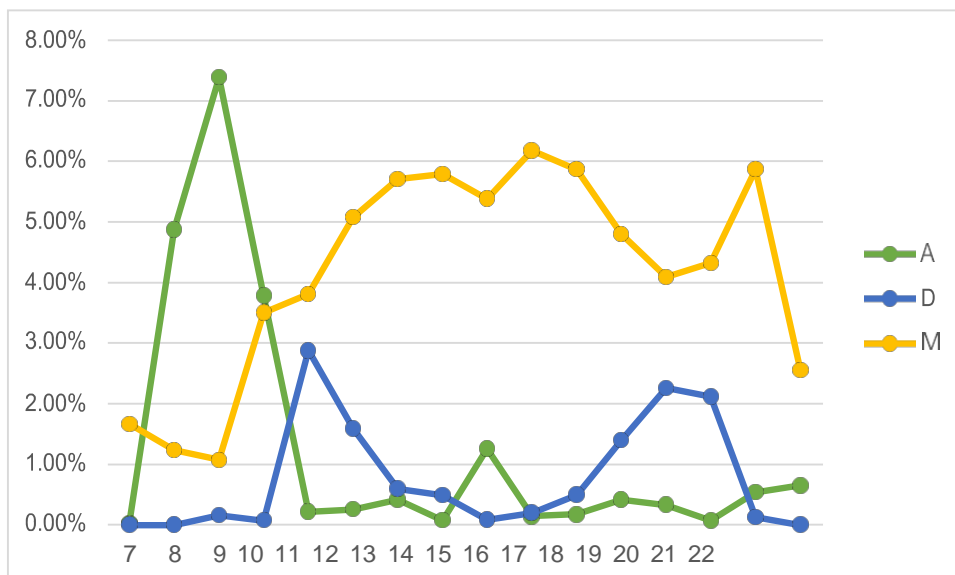


Figura 15: Resultados de acciones de dotación por hora

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que a las 7 de la mañana se debe mantener, a las 8, 9, 10 se debe aumentar cajas y en el resto de horarios se debe mantener el número de cajas. Esto demuestra que la dotación actual de las cajas se debe mantener en su mayoría debido al esfuerzo del jefe y supervisores del departamento de cajas por tener a disposición las cajas necesarias para su atención al cliente.

Ahora pasamos a analizar si los problemas de subdotación se deben a algún día en particular o es igual para cualquier día.

El siguiente cuadro 4.10 muestra la acción a tomar en cada hora por determinado día de la semana, donde “A” es aumentar cajas (existe problema de subdotación) y “D” es disminuir cajas (existe problema de sobredotación).

Cuadro 4.10: Resultados de momentos de subdotación y sobredotación

Día	Hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LUNES			A	A													
MARTES			A	A													
MIÉRCOLES			A	A													
JUEVES			A	A	A												
VIERNES			A	A	A	D											
SÁBADO			A	A	A	D							D	D			
DOMINGO							D										

Fuente: Elaboración propia.

De lunes a miércoles se debe aumentar el número de cajas disponibles a las 8 y 9 de la mañana.

Las acciones de aumentar el número de cajas de 8 a 10 se da los días jueves, viernes y sábado.

También se da la acción de disminuir cajas a las 11 de la mañana los días viernes y sábado.

El día sábado se da la acción de disminuir cajas a las 18 y 19 horas, y el día domingo se debe disminuir a las 12 del mediodía.

4.1.2. Identificación de factores que afectan la longitud de cola

4.1.2.1. Medición de largo de cola

La metodología consistió en medir el largo de cola de cada caja abierta en un intervalo de 10 minutos de las horas determinadas por los momentos de subdotación y sobredotación de cada día de la semana.

Se realizaron las mediciones desde el día lunes 11 hasta el domingo 17 de diciembre de 2017 tomando en cuenta solo las personas que realizaron el proceso completo en caja.

La medida final de largo de cola por hora se obtuvo de la siguiente manera:

Primero se realizó la medición del largo de cola en cada caja cada 10 minutos.

Se obtuvo el promedio del largo de cola de todas las cajas abiertas en cada 10 minutos obteniendo 6 promedios distintos para cada hora.

Con lo anterior se obtuvo la moda, es decir el valor que más se repite de los 6 para que represente el largo de cola por hora.

4.1.2.2. Construcción del modelo

Se realizó un modelo de regresión lineal múltiple en el programa SPSS para estimar el largo de cola teniendo como variables independientes el indicador de ocupación, horario y día de la semana. Estas dos últimas variables se expresaron a través de variables dummy, obteniendo 6 variables para el Día de la semana (1: si corresponde al día de semana; 0: si no) y 6 variables dummy para los rango horario en los cuales se realizó observación (1: si corresponde al rango horario; 0: si no).

Para ello se utilizó la medición del largo de cola y los datos transaccionales de dichos horarios (ver anexo3)

A continuación se muestran los resultados de la significancia de los coeficientes de la variable independiente, tomando en cuenta que los valores superiores a 0.05 son insignificantes.

Cuadro 4.11: Significancia de variables independientes

Coefficientes^a

Modelo	Coeficientes estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
1 (Constante)	-,732	,968		-,757	,474
IO	,097	,031	,903	3,164	,016
D9	,223	,317	,152	,703	,505
D10	,156	,359	,083	,435	,677
D11	,498	,396	,223	1,257	,249
D18	-,767	,748	-,249	-1,025	,339
D19	-,322	,528	-,105	-,610	,561
DLUNES	-,701	,670	-,313	-1,046	,330
DMARTES	-,541	,562	-,242	-,963	,368
DMIERCOLES	-,540	,550	-,241	-,981	,359
DJUEVES	-,683	,548	-,364	-1,246	,253
DVIERNES	-,136	,549	-,081	-,247	,812
DSABADO	-,144	,578	-,098	-,250	,810

a. Variable dependiente: moda cola

Fuente: Elaboración propia.

En este caso hay una sola variable significativa que sería el indicador de ocupación.

Se optó por eliminar las variables dummy de día y hora considerando que así se limpia la data y se puede calibrar mejor el modelo.

Al eliminar las variables insignificantes del modelo nos quedaría de la siguiente manera:

Cuadro 4.12: Resumen del modelo de regresión

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,775 ^a	,601	,578	,447

a. Variables predictoras: (Constante), IO

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar el modelo generado explica aproximadamente el 60% de la variación del largo de cola.

Cuadro 4.13: Coeficientes del modelo de regresión

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
1 (Constante)	-,643	,424		-1,518	,147
IO	,083	,016	,775	5,203	,000

a. Variable dependiente: moda cola

Fuente: Elaboración propia.

Mediante la regresión se confirma que existe una relación positiva entre el indicador de ocupación definido y el largo de cola, a medida que aumenta el indicador de ocupación también lo hace el largo de cola

El modelo de regresión lineal múltiple quedaría expresado de la siguiente manera:

$$\text{LARGO DE COLA} = - 0.643 + 0.083 \text{ IO}$$

Teniendo en cuenta que en el Cuadro 4.13 la constante no es significativa y reemplazando la ecuación del indicador de ocupación el modelo de regresión lineal quedaría de la siguiente forma:

$$\text{Largo de cola} = 0.083x \frac{\text{TDV} * \text{N}^\circ \text{ Total Docs Vendidos} + \text{TLV} * \text{N}^\circ \text{ Total de Líneas Vendidas}}{\text{Nro de cajas operativas}}$$

Ahora determinaremos que para que la tienda aumente su productividad el largo de cola debería ser menor o igual a 2 personas, reemplazando los valores de TDV y TLV nos quedaría:

$$2 = 0.083x \frac{0.77 * \text{N}^\circ \text{ Total Docs Vendidos} + 0.22 * \text{N}^\circ \text{ Total de Líneas Vendidas}}{\text{Nro de cajas operativas}}$$

Al despejar la variable del número de cajas la ecuación quedaría:

$$\text{Nro de cajas} = 0.083x \frac{0.77 * \text{N}^\circ \text{ Docs Vendidos} + 0.22 * \text{N}^\circ \text{ de Líneas Vendidas}}{2}$$

Con esta nueva ecuación del largo de cola se crea en la tabla de datos una nueva columna que indique las cajas que deberían estar abiertas y se compara con las cajas realmente disponibles en cada día de nuestra base de datos en la cual obtenemos el siguiente cuadro.

Cuadro 4.11: Resultados de aplicar modelo de regresión

Hora Día	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LUNES		M	A													
MARTES		M	A													
MIÉRCOLES		A	A													
JUEVES		M	A	A												
VIERNES		M	A	A	D											
SÁBADO		M	A	A	M							D	D			
DOMINGO						D										

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar los resultados se asemejan a los encontrados en la determinación de momentos de subdotación y sobredotación explicados en el apartado anterior a continuación mostramos las recomendaciones de dotación que nos plantea el modelo de regresión.

Cuadro 4.15: Resultados de dotación del modelo de regresión

DÍA	HORA	CAJAS HABILIT ADAS	CAJAS A HABILIT AR	ACCION
LUNES	8:00 – 9:00	3	3	MANTENER
	9:00 – 10:00	4	5	AUMENTAR 1
MARTES	8:00 – 9:00	3	3	MANTENER
	9:00 – 10:00	4	6	AUMENTAR 2
MIÉRCOLES	8:00 – 9:00	2	3	AUMENTAR 1
	9:00 – 10:00	4	7	AUMENTAR 3
JUEVES	8:00 – 9:00	3	3	MANTENER
	9:00 – 10:00	4	6	AUMENTAR 2
	10:00 – 11:00	7	8	AUMENTAR 1
VIERNES	8:00 – 9:00	3	3	MANTENER
	9:00 – 10:00	4	5	AUMENTAR 1
	10:00 – 11:00	7	8	AUMENTAR 1
	11:00 – 12:00	9	8	DISMINUIR 1
SÁBADO	8:00 – 9:00	3	3	MANTENER
	9:00 – 10:00	4	5	AUMENTAR 1
	10:00 – 11:00	7	8	AUMENTAR 1
	11:00 – 12:00	10	10	MANTENER
	18:00 – 19:00	10	8	DISMINUIR 2
	19:00 – 20:00	10	8	DISMINUIR 2
DOMINGO	12:00 – 13:00	10	8	DISMINUIR 2

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Tipo de distribución de probabilidad de las llegadas y los servicios

Se realizó una medición en sala de ventas y patio constructor de los tiempos entre llegadas y de atención con el objetivo de encontrar las distribuciones de probabilidad de los tiempos mencionados y poder realizar un modelo de simulación del sistema de cajas que represente un momento de alta ocupación del sistema.

La medición se realizó en la caja ubicada en patio constructor a las 10:40 am y en la caja 3 de sala de ventas a las 18:54 se midió el tiempo de llegada del cliente a la cola, tiempo en que inicia la atención y tiempo en que termina la atención.

Con dichas mediciones se calculó el tiempo entre llegadas de los clientes y el tiempo de atención de los mismos (ver Anexo 01 y 02).

Se utilizó el programa Statgraphics para ajustar dichos tiempos en distribuciones de probabilidad.

4.1.3.1. Análisis de tiempo de llegadas

Para analizar el tipo de distribución de probabilidad que sigue el tiempo entre llegadas se tomaron los datos obtenidos de los tiempos entre llegadas tanto de la medición de tiempos de la caja de patio constructor (Anexo 01) como de la caja de sala de venta (Anexo 02) y se ingresaron en el programa Statgraphics donde las cuatro distribuciones que más se ajustan se muestran en la figura 16.

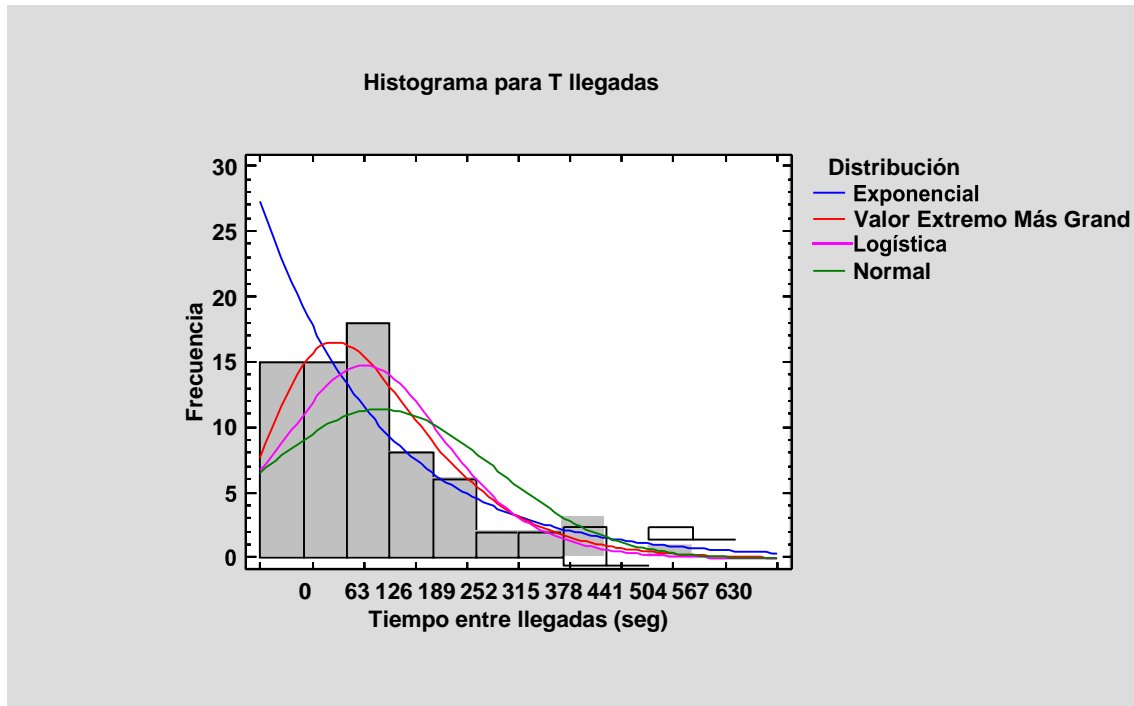


Figura 16: Histograma de distribuciones de tiempo entre llegadas

Fuente: Elaboración propia.

Este análisis muestra los resultados de ajustar 4 distribuciones a los datos de tiempo entre llegadas. Los parámetros estimados de las distribuciones ajustadas se muestran a continuación en el siguiente cuadro.

El programa arrojó los parámetros de las distribuciones exponencial, valor extremo más grande, logística y normal.

Ajuste de Distribuciones (Ajuste de Datos No Censurados) - T LLEGADAS

Datos/Variable: T LLEGADAS

76 valores con rango desde 0.0 a 761.0

Distribuciones Ajustadas

<i>Exponencial</i>	<i>Valor Extremo Más Grande</i>	<i>Logística</i>
media = 146.237	moda = 90.259	media = 126.626
	escala = 88.2864	desviación estándar = 121.958

<i>Normal</i>
media = 146.237
desviación estándar = 139.367

Cuadro 4.16: Valores de parámetros de ajuste de distribución de tiempo entre llegadas

Fuente: Programa Statgraphics.

Para probar si las distribuciones ajustan adecuadamente a los datos se realizó las pruebas de bondad de ajuste.

Pruebas de Bondad-de-Ajuste para T LLEGADAS

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Exponencial</i>	<i>Valor Extremo Más Grande</i>	<i>Logística</i>	<i>Normal</i>
DMAS	0.0852904	0.0723942	0.0873895	0.164856
DMENOS	0.115307	0.0620572	0.132018	0.147021
DN	0.115307	0.0723942	0.132018	0.164856
Valor-P	0.265368	0.8206	0.141446	0.0321351

Cuadro 4.17: Pruebas de bondad de ajuste para Tiempo entre llegadas

Fuente: Programa Statgraphics

En esta imagen se muestra los resultados de las pruebas realizadas para determinar si el tiempo entre llegadas se modela adecuadamente a las distribuciones. Los valores-P menores que 0.05 indican que T llegadas no proviene de la distribución seleccionada con 95 % de confianza.

Debido a que el valor-P de las pruebas realizadas para la función exponencial es mayor a 0.05 se acepta la idea de que Tiempo entre llegadas proviene de una distribución exponencial con el 95% de confianza.

Se comprueba entonces que la distribución de probabilidad que siguen los tiempos entre llegadas de clientes a las cajas es de tipo exponencial quedando su histograma como se muestra en la figura

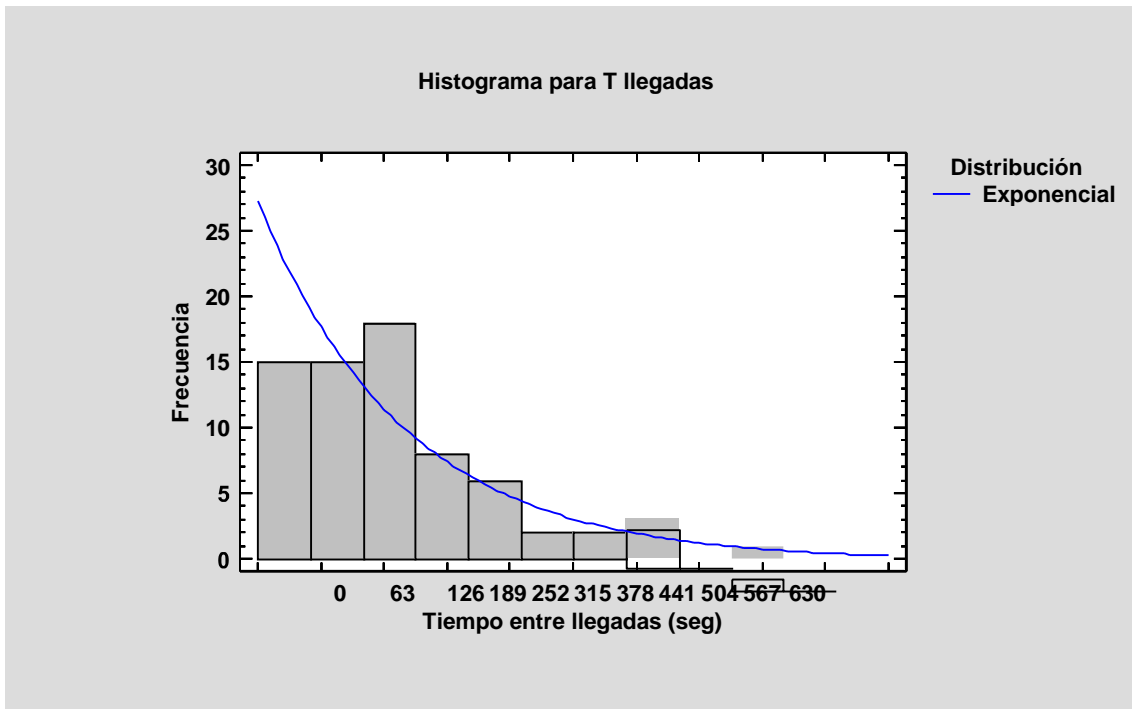


Figura 17: Histograma de distribución exponencial para tiempo entre llegadas

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.2. Análisis de tiempo de atención

Para analizar el tipo de distribución de probabilidad que sigue el tiempo de atención de la misma forma se tomaron los datos obtenidos de los tiempos de atención tanto de la medición de tiempos de la caja de patio constructor (anexo1) como de la caja de sala de venta (anexo2) y se ingresaron en el programa Statgraphics, para este analisis se optó por la comparación de distribuciones alternas.

La figura a continuacion muestra como el programa compara la bondad de ajuste cuando varias distribuciones se ajustan a T ATENCIÓN

Comparación de Distribuciones Alternas

<i>Distribución</i>	<i>Parámetros Est.</i>	<i>Log Verosimilitud</i>	<i>KS D</i>
Gaussiana Inversa	2	-422.596	0.0354549
Birnbaum-Saunders	2	-422.62	0.0392329
Lognormal	2	-423.002	0.0407364
Loglogística	2	-424.421	0.0489428
Gamma	2	-425.74	0.0802017
Valor Extremo Más Grande	2	-428.718	0.0931675
Weibull	2	-428.797	0.0851946
Laplace	2	-439.237	0.154119
Exponencial	1	-439.79	0.210298
Logística	2	-440.555	0.122437
Normal	2	-445.457	0.151895
Uniforme	2	-458.463	0.468003
Valor Extremo Más Chico	2	-468.039	0.237094
Pareto	1	-538.773	0.499862

Cuadro 4.18: Comparación de distribuciones alternas para tiempos de atención

Fuente: Programa Statgraphics.

Este análisis muestra que las 4 distribuciones que mas se ajustan a los datos de tiempo de atención son Gaussiana Inversa, Birnbaum-Saunders, Lognormal y Loglogística.

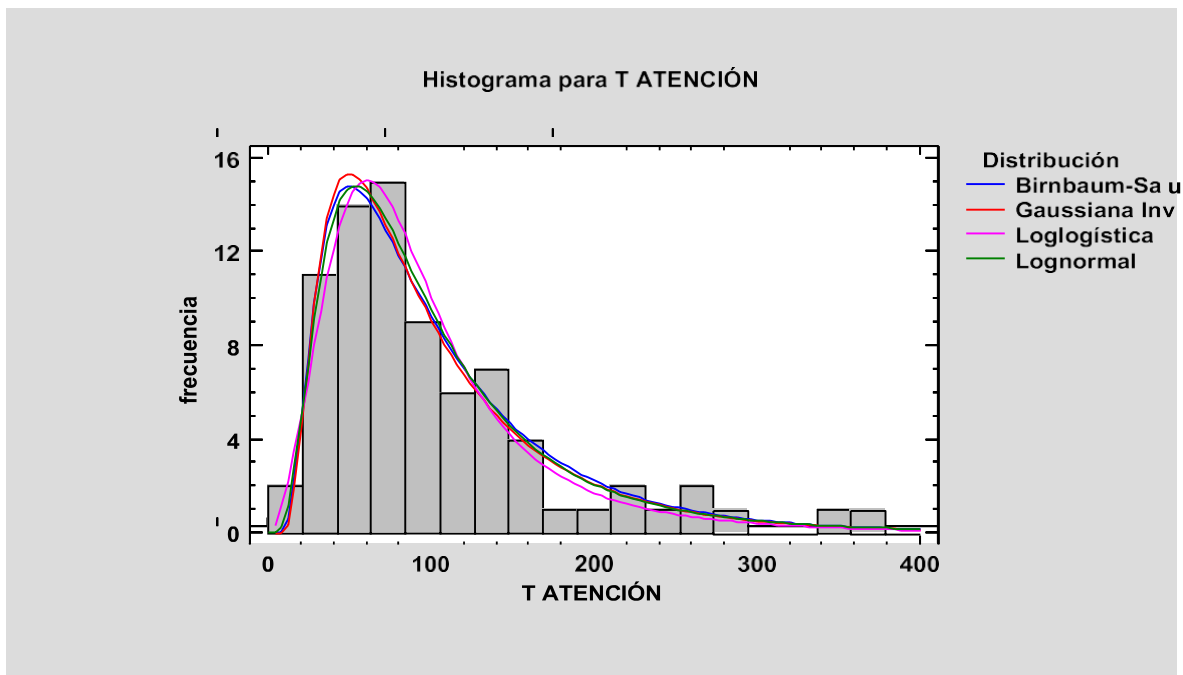


Figura 18: Histograma de distribuciones de tiempo de atención.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el estadístico log verosimilitud, la distribución de mejor ajuste es la distribución gaussiana inversa pero a falta de esta distribución en el software Arena, se optó por la tercera con mayor similitud la distribución lognormal debido a que esta se encuentra disponible en dicho programa.

El programa nos muestra el valor de los parámetros en este caso de las distribuciones gaussiana inversa y lognormal en la siguiente figura

78 valores con rango desde 18.0 a 375.0

Distribuciones Ajustadas

<i>Gaussiana Inversa</i>	<i>Lognormal</i>
media = 103.372	media = 103.65
escala = 1.87141	desviación estándar = 77.066
	Escala log: media = 4.42098
	Escala log: desv. est. = 0.663382

Cuadro 4.19: Valores de parámetros de ajuste de distribución de tiempo de atención

Fuente: Programa Statgraphics.

Terminamos nuestro análisis con el histograma de frecuencias del tiempo de atención con las dos distribuciones que más se ajustan donde seleccionaremos la distribución de probabilidad de tipo lognormal para hacer posteriormente la simulación.

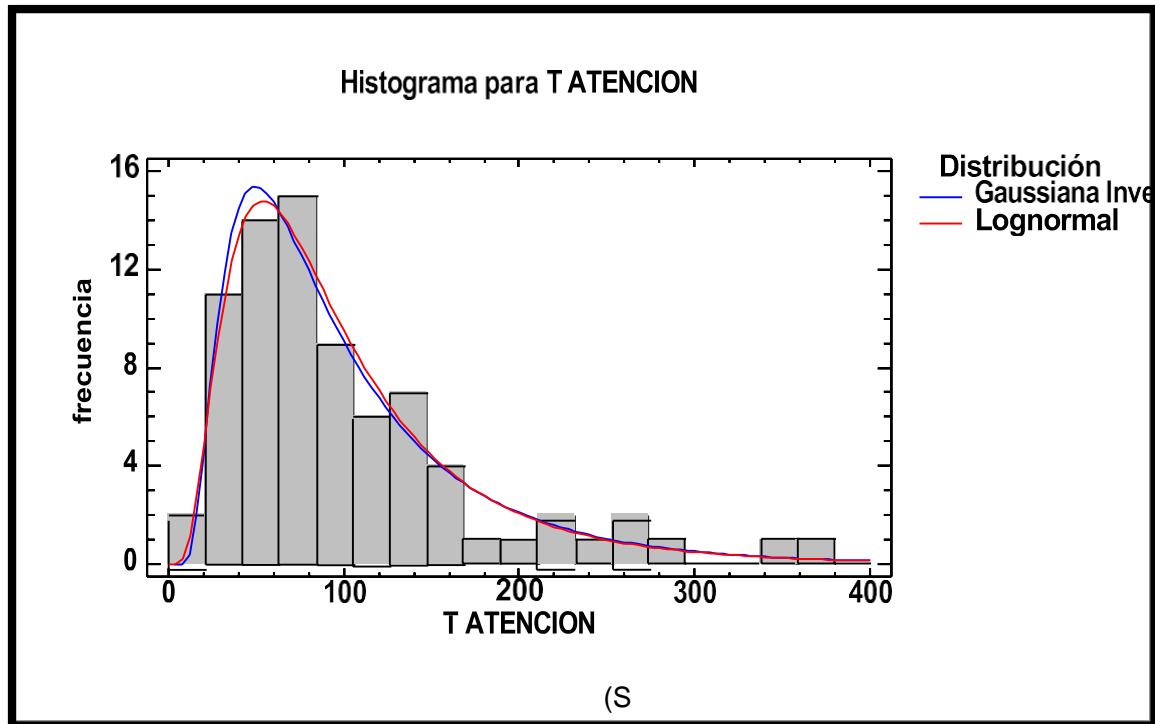


Figura 19: Histograma de distribuciones Gaussiana inversa y Lognormal para tiempos de atención.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.20: Prueba de bondad de ajuste para tiempo de atención

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Gaussiana Inversa</i>	<i>Lognormal</i>	<i>Normal</i>
DMAS	0.0354549	0.0407364	0.151895
DMENOS	0.0344229	0.0284052	0.124026
DN	0.0354549	0.0407364	0.151895
Valor-P	0.999973	0.999495	0.0546881

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el error de las distribuciones seleccionadas, según la prueba de bondad de ajuste se realiza la ecuación $E = 1 - \text{valor-P}$, donde el error de Gaussiana Inversa es 0.000027 y el error de Lognormal es 0.000505.

4.1.4. Modelo de simulación del sistema de cajas

En esta etapa se realizó un modelo de simulación del sistema de cajas de una tienda de mejoramiento del hogar con la ayuda del software de simulación Arena, a partir de las distribuciones de tiempos de llegada y tiempos de atención encontrados en el apartado anterior para estudiar su comportamiento del proceso de colas.

En este modelo se simuló específicamente en el horario de 10 a 12 de la mañana debido a que fue en este horario en que se tomó las mediciones de tiempos entre llegadas y de atención y además porque son horas de afluencia según resultados anteriores en la determinación de momentos de subdotación y sobredotación.

El modelo tiene el propósito de estimar el largo de la cola y validar las recomendaciones de dotación con el número de 8 cajas (resultado determinado por el modelo de regresión), además se evaluará si el sistema propuesto aumenta o no la productividad del departamento de cajas según los indicadores que se maneja en la tienda de mejoramiento del hogar en estudio.

4.1.4.1. Notación de Kendall

$$\square (146.237) / \square (103.65, 77.066) / 8 : \square \square \square \square / \infty$$

4.1.4.2. Modelo matemático

Variables exógenas:

Distribución de tiempo entre llegadas: EXP (176.237)

Distribución de tiempo de atención: LOGN(163.65,77.066) – cajas normales

LOGN(103.65,77.066) – cajas rapidas

Variables endógenas:

t: Tiempo de atención por segundo

μ : Número de clientes atendidos por hora

Variables de estado:

W_q : Tiempo de espera

ρ : Factor de utilización del cajero

L_q : Largo de cola

Relaciones funcionales:

$$L_q = \lambda \cdot W_q$$

$$\rho = \lambda / \mu$$

$$\rho = \mu \cdot t$$

Características de operación

Distribución exponencial:

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

Distribución lognormal:

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma x \sqrt{2\pi}} e^{-(\ln(x) - \mu)^2 / 2\sigma^2}$$

Para $x > 0$, donde μ y σ son la media y la desviación estándar del logaritmo de variable.

4.1.4.3. Elaboración de modelo de simulación

Para la construcción del modelo en el programa de simulación Arena se realizó lo siguiente:

Proceso de entrada

Para el proceso de llegada de clientes se determinó que llegan a la caja con una distribución exponencial con parámetro 146.237 segundos, llegando en grupos de 4, 5, 6 y 7 personas con probabilidades de 15%,30%,35%,20% al lineal de cajas.

Proceso de asignación de tipo de cliente

Se consideraron 3 tipos de cliente: cliente de atención preferencial, cliente de atención de caja rápida y cliente normal con probabilidades de 10%, 30%, 60% respectivamente.

Proceso de asignación de cajeros

Se crean 8 cajeros para la atención de los diferentes tipos de cliente, donde la caja 3 es caja preferencial, las cajas 4 y 5 son cajas rápidas y las cajas 1, 2, 6, 7, 8 son cajas normales.

Se crea una condición de tipo expresión donde dirige a los clientes del tipo atención preferencial y atención caja rápida a las cajas 3,4 y 5 asimismo los clientes normales a las cajas 1, 2, 6, 7 y 8 con una misma probabilidad debido a la irracionalidad del cliente o poca información para elegir la caja en la que cancela sus productos.

La atención de cada caja seguirá una distribución lognormal de parámetros 163.65 y 77.066 segundos, mientras que en las cajas rápidas se seguirá una distribución lognormal con parámetros 103.65 y 77.066 segundos.

Proceso de salida

Se finaliza el proceso con un Dispose al cual se conectan todos los cajeros lo que quiere decir salida del proceso o finalización del mismo.

En la figura 20, se muestra el diseño del modelo de simulación ejecutado en el software Arena conformado por 8 cajas:

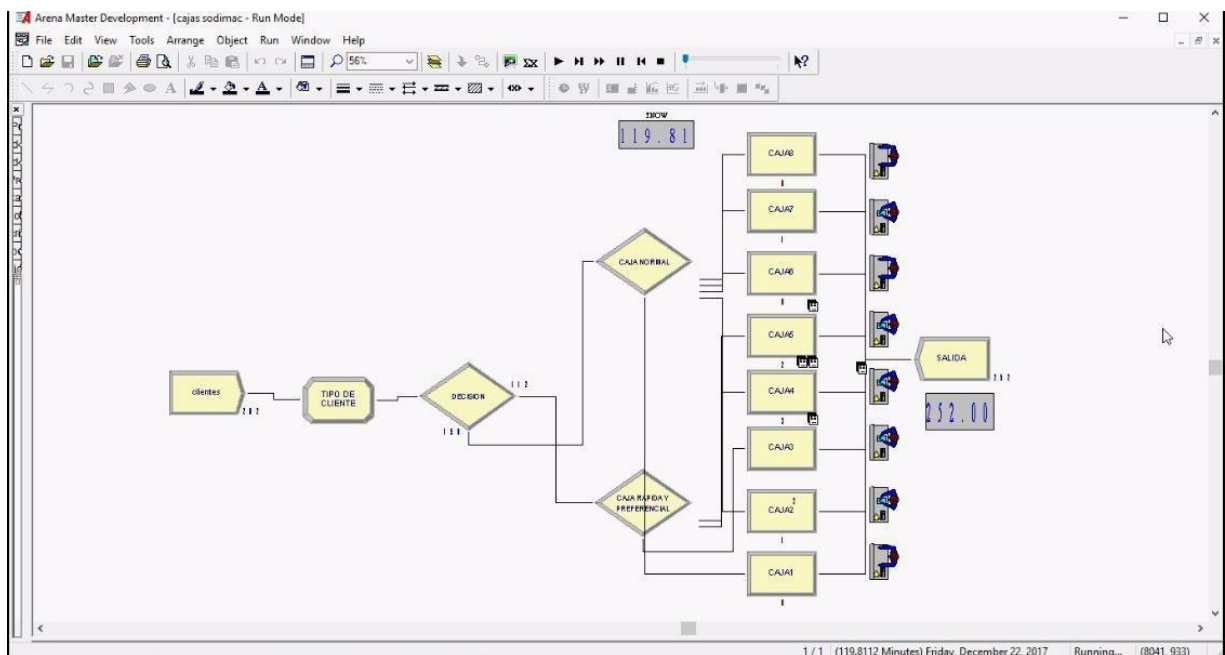


Figura 20: Modelo de sistemas de cajas corriendo en simulador Arena

Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra una captura de pantalla de la corrida de la simulación realizada en el software Arena, en los 119.81 minutos con 252 clientes atendidos en todo el sistema.

4.1.4.4. Resultados del modelo

Largo de cola por caja

Luego de correr el modelo de simulación se tiene el promedio de largo de cola por caja mostrados en el siguiente cuadro.

Cuadro 4.21: Resultado de simulación - largo de cola por caja

CAJA	PROMEDIO DE COLA POR CAJA
c1	0.875406
c2	0.796992
c3	0.788676
c4	0.600582
c5	0.393392
c6	0.656052
c7	1.30202
c8	1.2143

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la información obtenida de la simulación se determina un promedio de largo de cola de 0.83 personas, el cual cumple lo concluido en el modelo de regresión que con el número de 8 cajas se obtiene como máximo 2 personas en cola.

Clientes atendidos por caja y tiempo de atención

En el cuadro a continuación mostraremos los resultados del número aproximado de clientes atendidos por caja y de tiempo de atención por cliente obtenidos del modelo de simulación realizado en el software Arena.

Cuadro 4.22: Resultado de simulación – Clientes atendidos y Tiempo de atención

CAJA	Clientes atend x caja	T. Prom de atención (seg)
c1	21.74380352	139.6823327
c2	24.14136173	81.61590363
c3	25.75074212	118.0917658
c4	34.44515187	60.52785555
c5	33.11726399	62.15446118
c6	24.08544361	73.8566548
c7	25.12820905	90.08281031
c8	23.07805075	75.07570221
PROM	26.43625333	87.63593577

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.5. Validación del modelo de simulación

Por medio de modelo de regresión

Para realizar la validación de los resultados obtenidos en el modelo de simulación de largo de cola se verificó mediante el modelo de regresión encontrado en el apartado 4.1.2.2 tomando en cuenta que la simulación se realizó en un horario de 10 a 12pm de un día viernes en el cual debería tener un número de 8 cajas funcionando.

Modelo de regresión: $LARGO DE COLA = -0.643 + 0.083 IO$

Reemplazando los datos obtenidos en la medición de largo de cola (ver anexo 4):

$$LC = -0.643 + 0.083x \frac{TDV * N^{\circ} Docs Vendidos + TLV * N^{\circ} de Líneas Vendidas}{Nro de cajas operativas}$$

$$Largo de cola = -0.643 + 0.083x \frac{0.77 \dagger 149 + 0.22 \dagger 442}{8}$$

$$Largo de cola = 1.56$$

Como podemos observar el resultado del largo de cola es menor a 2 tal y como se muestra en el resultado del modelo de simulación.

Por medio de valores establecidos

Para poder determinar si el análisis de teoría de líneas de espera cumple el objetivo de la investigación, es decir si aumenta la productividad primero conoceremos los indicadores de productividad (KPI) que se utilizan en la tienda de mejoramiento de hogar en estudio. Los indicadores se encuentran definidos en dicha tienda de mejoramiento del hogar cuyos valores son:

Cuadro 4.23: Indicadores de productividad

Transacciones por hora	16
Tiempo por transacción	1.7

Fuente: Elaboración propia.

Lo cual indica que el departamento es productivo si el cajero atiende por lo menos 16 clientes por hora y se tarda en promedio 1.7 minutos en cada cliente.

Comparando los valores de “transacciones por hora” con el “número de clientes atendidos” y el “tiempo promedio por transacción” con el “tiempo de atención” obtenido en la simulación, se comprueba que los valores promedio dados por la simulación se aproximan a los valores de kpi del departamento de cajas de la tienda de mejoramiento del hogar, validando así el modelo.

4.2. Discusión

Con el análisis de datos transaccionales del 02 de enero del 2016 al 31 de julio del 2016 se estableció las siguientes características generales:

a.- A nivel mensual, la mayor cantidad de los documentos de venta emitidos es en el mes de marzo debido al verano y las lluvias que se presentan en esta época del año y el de menor demanda es el mes de junio.

b.- A nivel diario, los días jueves y sábado tienen mayor cantidad de documentos de venta y el día domingo una mayor variabilidad. Además, se determinó que el día miércoles tiene menor variabilidad y además tiene el menor número de documentos de venta emitidos.

c.- A nivel de rango horario, los horarios picos de mayor demanda son entre las 11:00 y 12:00 horas durante la mañana y entre las 19:00 y 20:00 horas por la noche. Asimismo, se puede ver una baja de demanda alrededor de las 14:00 y 15:00 horas.

d.- A nivel de rango horario por día de la semana, se determinó que de lunes a viernes los documentos de venta se concentran a las 11 y 19 horas, donde de estos dos horarios el día lunes se concentra más en la noche a las 19 horas y en el día viernes se concentra más en la mañana a las 11 horas. En el caso de los fines de semana (sábado y domingo), la mayor concentración se presenta el día sábado en la mañana en los horarios de 11 a 12 teniendo un mayor número de documentos de venta mayor a los demás días de la semana, en el día domingo se presenta el incremento a partir de las 12 del día, en estos dos días también se puede observar un incremento a las 19 horas de la noche.

Según nuestros resultados de las acciones de dotación se determinó que de lunes a miércoles se debe aumentar cajas a las 8 y 9 de la mañana. Lo mismo se recomienda para los días jueves, viernes y sábado, pero de 8 a 10. Por otro lado, las acciones de dotación establecen la acción de disminuir cajas a las 11 de la mañana los días viernes y sábado. Igualmente, para el día sábado a las 18 y 19 horas, y el día domingo a las 12 del mediodía.

Las reglas de dotación no recomiendan el número de cajas a aumentar o disminuir. Además, estas reglas asumen que existe una relación directa y proporcional entre la ocupación por caja y la oferta de cajas, por lo que en los valores altos del indicador de ocupación se deben habilitar el mayor número de las cajas.

Por otro lado, mediante el modelo de regresión lineal elaborado se pudo obtener el largo de cola en función del indicador de ocupación por caja, lo que permite obtener la oferta de cajas necesarias (en cantidad de cajas) para cumplir con largo de cola máximo de 2 personas y así cumplir con un adecuado servicio.

Según Medeiros, uno de los objetivos de la Teoría de Colas es identificar el nivel óptimo de capacidad del sistema que minimice el costo global del mismo, por ello mediante el análisis de regresión lineal se determinó el número de cajas que debieron habilitar según la data transaccional del periodo estudiado que comparando con los resultados encontrados en el desarrollo del primer objetivo se concluye que en los horarios de 8 a 9 de la mañana los días lunes, martes, jueves, viernes y sábado se debe mantener el número de cajas (en promedio 3) y no aumentar como se determinó inicialmente

El día miércoles en el mismo horario coincide con lo determinado en el primer objetivo en que existía subdotación, se determinó aumentar 1 caja (para que sean 3 cajas habilitadas) debido a que en promedio había solo 2 cajas habilitadas por ser día bajo en transacciones pero que en el análisis de regresión lineal se encontró que si ocurre fenómeno de colas mayor a 2 personas con solo 2 cajas habilitadas.

En el día sábado horario de 11 de la mañana el modelo arrojó mantener cajas (en promedio 10) en lugar de disminuir como nos indica el primer objetivo desarrollado.

En el resto de horarios de los demás días si coincide el resultado de la determinación de momentos de subdotación y sobredotación con el resultado de aplicar el modelo de regresión con la diferencia de que el modelo nos indica el número exacto de cajas que debemos aumentar o disminuir en promedio para llegar a un largo de cola de un máximo de 2 personas.

De esta manera se comprueba que el indicador de ocupación tiene una relación directamente proporcional al número de cajas.

Se realizaron mediciones de los tiempos entre llegadas y tiempos de atención para determinar a través del programa Statgraphics que tipo de distribuciones siguen.

El programa determinó que el tiempo entre llegadas sigue una distribución de probabilidad de tipo exponencial, en el caso del tiempo de atención se determinó que la distribución que más se ajusta es la distribución gaussiana inversa, pero debido a que esta distribución no se encuentra en el programa de simulación Arena se tomó la siguiente que se asemeje en este caso la distribución encontrada fue la distribución de probabilidad lognormal.

La teoría de colas evalúa el impacto que las posibles alternativas de modificación de la capacidad del sistema, es decir el número de cajas según un rango horario, tendrían en el costo total de éste o en este caso la productividad del departamento de cajas, por lo cual gracias al modelo de simulación realizado con las distribuciones de probabilidad encontradas en el escenario del día lunes en el rango horario de 10 a 12 con un número de 8 cajas, se obtuvo un largo de cola de 1.67 personas lo que corrobora que la recomendación de dotación encontradas en los capítulos anteriores, y además se comprueba con los resultados obtenidos del número de clientes atendidos (en promedio 16 clientes) por caja y tiempo de atención por cliente (en promedio 1.64 minutos), que el sistema simulado si cumple con los indicadores de productividad utilizados en la tienda. De esta manera se acepta la hipótesis que el análisis de líneas de espera contribuye al incremento de la productividad en el departamento de cajas de una tienda de mejoramiento del hogar.

CONCLUSIONES

Los momentos de subdotación y sobredotación que se presentan en el tiempo se determinaron de la siguiente manera a través del uso de datos transaccionales:

Los días lunes, martes y miércoles existe subdotación a las 8 y 9 de la mañana. También existe subdotación el día jueves y viernes a las 8, 9 y 10 de la mañana. Existe sobredotación a las 11 de la mañana los días viernes y sábado. También se da la sobredotación el día sábado a las 18 y 19 horas, y el día domingo a las 12 del mediodía.

Se encontró que de los factores de: día, hora e indicador de ocupación, solo el indicador de ocupación afecta la longitud de cola, cabe señalar que el indicador de ocupación es una ecuación que depende de la cantidad de documentos de venta emitidos, cantidad de líneas vendidas y número de cajas habilitadas, por lo cual se concluye que definitivamente el número de cajas habilitadas influye significativamente en la longitud de cola.

Al obtener el modelo de regresión lineal se obtuvo recomendaciones de dotación para los horarios encontrados en la determinación de momentos de subdotación y sobredotación y se compararon con dichos resultados.

En base a los resultados obtenidos mediante los dos primeros objetivos, se concluye que el modelo de regresión entrega un resultado más acertado a la tienda de mejoramiento del hogar, pues el resultado de recomendaciones de dotación del modelo de regresión lineal es similar a los resultados finales de la determinación de momentos de subdotación y sobredotación. En los momentos donde que se caracterizó una subdotación, el modelo propuso aumentar las cajas, salvo en los horarios de 8 de la mañana de la semana, donde se recomendó mantener el número de cajas. En los momentos donde se determinó una sobredotación, el modelo propuso disminuir la oferta a excepción del día sábado a las 11 de la mañana, donde se propuso mantener el número de cajas. En este caso, existe una relación directa entre el indicador de ocupación y la oferta de cajas.

Se concluyó que los tiempos entre llegadas de los clientes y que los tiempos de atención que afectan el modelo de líneas de espera, siguen una distribución de probabilidad de tipo exponencial y una distribución de probabilidad de tipo lognormal respectivamente.

El modelo de simulación del sistema de cajas se realizó en el programa Arena a partir del tipo de las distribuciones de probabilidad halladas. El modelo estimó que el largo o longitud de línea de espera es menor que 2 y permitió verificar las recomendaciones de dotación brindadas con el modelo de regresión lineal.

Se concluye que la productividad del departamento de cajas de una tienda de mejoramiento del hogar aumenta, es decir se logra llegar al objetivo de los indicadores de productividad con el análisis de colas o líneas de espera realizado a través de las recomendaciones de dotación entregadas por el modelo de regresión lineal y verificado con el modelo de simulación del sistema de cajas de la tienda e mejoramiento del hogar, cumpliendo así con un adecuado servicio al cliente con un máximo de dos personas en cola.

RECOMENDACIONES

1.- Luego de realizar las mediciones en sala de ventas, se pudo observar que el cliente cuando llega al lineal de cajas a cancelar su producto se comporta de una manera incoherente al escoger una caja pues muchas veces no elige la caja con menor cola sino la más cercana a él. Por ello, se recomienda aperturar las cajas en el orden establecido por la empresa es decir primero caja preferencial, luego caja rápida y posteriormente cajas normales, pero tratando de que estén todas juntas, es decir habilitar las cajas más cercanas a las que ya están abiertas, para que el cliente visualice a su alcance la caja de menor cola.

También se observó que al cliente se le hace difícil muchas veces distinguir las cajas abiertas de las cerradas esto se recomienda que el foco encendido de la caja abierta sea más atractivo pues actualmente tiene un fondo rojo que hace que la luz sea muy tenue y también que se encuentra a una altura elevada o poco visible, por lo que el cliente no se da cuenta que existe esa distinción en las cajas, lo mismo ocurre con el cartel de caja cerrada que el cliente no se percata debido a que tiene letra muy pequeñas e igualmente debería ser más llamativo.

2.- Se propone la posibilidad de realizar la dotación propuesta en la tienda de mejoramiento del hogar en la que se hizo el estudio, y posteriormente realizar otro estudio para planificar el personal de las cajas, definiendo horarios y turnos de trabajo para cada cajero(a) en sus 3 modalidades full time, part time y peak time.

3.- Se propone generalizar el modelo de simulación para todos los horarios, realizando mediciones de tiempos en cada hora y cada día para tener las distribuciones de llegadas y de atención más específicas. De esta manera se tendrá un modelo que estime el largo de la cola más exacto que la regresión para cada rango horario.

4.- Se recomienda utilizar la metodología planteada en esta investigación para cualquier otra empresa de mejoramiento del hogar, que desee aumentar su productividad y mejorar su servicio al cliente con un óptimo número de cajeros o servidores en cada rango horario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre, J., & Ramirez, M. (2014). *Análisis cuantitativo de modelación y simulación de sistemas de innovación*. Medellín, Colombia: Fondo Editorial.

Ayala. (2008). *Teoría de colas*. Ica.

Cao Abad, R. (2002). *Introducción a la Simulación y a la Teoría de Colas*. España: Netbiblo.

Cardona Ramos, B. (2005). *La teoría de colas como herramienta para optimizar el servicio en una entidad municipal*. (Tesis de grado) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Carro, R., & González, D. (2013). *Modelos de líneas de espera*. Argentina: Facultad de ciencias económicas y sociales, Universidad Nacional de Mar de la Plata.

Cazorla, F. (2014). *Análisis estadístico mediante teoría de colas para determinar el nivel de satisfacción del paciente atendido en el departamento de admisiones del hospital provincial general docente de Riobamba*. (Tesis de grado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Chanchavac, J. (2012) *Aplicación de teoría de colas para la mejora en el proceso de despacho de producto terminado en una industria avícola*.(Tesis de grado) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

García, J. P. (2015). *Aplicando Teoría de Colas en Dirección de Operaciones*. España: Grupo ROGLE.

Medeiros, M. (2012). *Modelo de gestión de cajas de un supermercado utilizando datos transaccionales*. (Tesis de grado) Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.

Taha, H. (2004). *Investigación de Operaciones* (7ma edición ed.). México: Pearson Educación.

LINKOGRAFÍA

Gestión. (12 de Noviembre de 2016). Cuatro principales cadenas de mejoramiento del hogar reportaron 89 tiendas al cierre del 2015. Obtenido de Gestión Web site: <http://gestion.pe/economia/cuatro-principales-cadenas-mejoramiento-hogar-reportaron-89-tiendas-al-cierre-2015-2174546>

Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2008). Definicion de productividad. Obtenido de Definición.de Web site: <http://definicion.de/productividad/>

Torres, V. (23 de Junio de 2015). La productividad en el departamento de cajas. Recuperado el 22 de Julio de 2017, de Línea de cajas y atención al cliente Web site: <https://lineadecajasyatencionalcliente.es/atencion-al-cliente/la-productividad-en-el-departamento-de-cajas/>

ANEXOS

Anexo 01: Tiendas SODIMAC en Perú

14 EN LIMA Y CALLAO Y 12 EN PROVINCIA

Ate, Canta Callao, Bellavista Callao, Huacho, Cañete, Jockey Plaza, San Miguel, Atocongo, Mega Plaza, Javier Prado, Lima Cercado, San Juan de Lurigancho, Surquillo, Villa el Salvador, Arequipa, Piura, Chiclayo, Chiclayo 2, Ica Mall, Sullana, Pucallpa, Trujillo Mall, Aventura Plaza, Trujillo Open Plaza, Chimbote, Cajamarca, Huancayo.

4,000 EMPLEADOS DIRECTOS / 10,000 PERUANOS
INDIRECTOS

75% DE LOS PROVEEDORES A NIVEL NACIONAL SON
EMPRESAS PERUANAS

Anexo 02: Medición de tiempos de llegada y atención (CAJA PATIO CONSTRUCTOR - 10:40 AM)

Nº	Tiempo Llegada Cola	Tiempo Inicio Atención	Tiempo Término Atención	Tiempo entre Llegadas	Tiempo de Atención	Tiempo entre Llegadas (segundos)	Tiempo de Atención (segundos)
1	00:00:04	00:00:04	00:01:18	01:15	01:14	75	74
2	00:01:19	00:01:19	00:03:41	02:04	02:22	124	142
3	00:03:23	00:03:50	00:06:23	01:03	02:33	63	153
4	00:04:26	00:06:23	00:07:45	05:35	01:22	335	82
5	00:10:01	00:10:01	00:12:14	02:02	02:13	122	133
6	00:12:03	00:12:15	00:13:09	01:42	00:54	102	54
7	00:13:45	00:13:45	00:17:32	00:12	03:47	12	227
8	00:13:57	00:17:35	00:18:15	03:48	00:40	228	40
9	00:17:45	00:18:15	00:20:07	01:01	01:52	61	112
10	00:18:46	00:20:07	00:21:44	04:32	01:37	272	97
11	00:23:18	00:23:18	00:23:39	00:21	00:21	21	21
12	00:23:39	00:23:39	00:25:46	01:33	02:07	93	127
13	00:25:12	00:25:46	00:26:22	02:33	00:36	153	36

14	00:27:45	00:27:45	00:29:22	02:48	01:37	168	97
15	00:30:33	00:30:33	00:31:03	04:25	00:30	265	30
16	00:34:58	00:34:58	00:38:35	02:04	03:37	124	217
17	00:37:02	00:38:35	00:39:38	02:22	01:03	142	63
18	00:39:24	00:39:38	00:40:44	02:08	01:06	128	66
19	00:41:32	00:41:32	00:43:31	00:41	01:59	41	119
20	00:42:13	00:43:31	00:44:23	01:15	00:52	75	52
21	00:43:28	00:44:23	00:45:08	01:52	00:45	112	45
22	00:45:20	00:45:20	00:45:52	00:01	00:32	01	32
23	00:45:21	00:45:52	00:47:09	01:40	01:17	100	77
24	00:47:01	00:47:09	00:47:50	00:51	00:41	51	41
25	00:47:52	00:47:52	00:48:48	02:33	00:56	153	56
26	00:50:25	00:50:25	00:51:46	01:46	01:21	106	81
27	00:52:11	00:52:11	00:55:31	03:57	03:20	237	200
28	00:56:08	00:56:08	01:00:30	02:17	04:22	137	262
29	00:58:25	01:00:30	01:06:11	06:40	05:41	400	341
30	01:05:05	01:06:11	01:07:47	03:05	01:36	185	96
31	01:08:10	01:08:31	01:14:46	00:44	06:15	44	375
32	01:08:54	01:14:46	01:17:13	10:33	02:27	633	147
33	01:19:27	01:19:27	01:24:14	00:22	04:47	22	287
34	01:19:49	01:24:14	01:25:10	02:55	00:56	175	56
35	01:22:44	01:25:10	01:27:06	00:05	01:56	05	116
36	01:22:49	01:27:06	01:27:34	08:00	00:28	480	28
37	01:30:49	01:30:49	01:32:28	03:09	01:39	189	99
38	01:33:58	01:33:58	01:34:42	00:36	00:44	36	44
39	01:34:34	01:34:42	01:37:08	02:24	02:26	144	146
40	01:36:58	01:37:08	01:38:25	-	01:17	-	77

Anexo 03: Medición de tiempos de llegada y atención (CAJA 3 SALA DE VENTA-18:54 PM)

N°	Tiempo Llegada Cola	Tiempo Inicio Atención	Tiempo Término Atención	Tiempo entre Llegadas	Tiempo de Atención	Tiempo entre Llegadas (segundos)	Tiempo de Atención (segundos)
1	00:00:36	00:00:36	00:03:45	03:17	03:09	197	189
2	00:03:53	00:03:53	00:04:45	00:00	00:52	00	52
3	00:03:53	00:04:45	00:07:00	02:15	02:15	135	135
4	00:06:08	00:07:00	00:09:29	06:19	02:29	379	149
5	00:12:27	00:12:27	00:13:51	01:33	01:24	93	84
6	00:14:00	00:14:00	00:15:35	02:06	01:35	126	95
7	00:16:06	00:16:16	00:16:59	01:48	00:43	108	43
8	00:17:54	00:17:54	00:18:38	02:11	00:44	131	44
9	00:20:05	00:20:05	00:21:23	06:44	01:18	404	78
10	00:26:49	00:26:49	00:30:50	12:41	04:01	761	241
11	00:39:30	00:39:30	00:39:57	00:27	00:27	27	27
12	00:39:57	00:39:57	00:40:32	00:00	00:35	00	35
13	00:39:57	00:40:32	00:42:17	00:35	01:45	35	105
14	00:40:32	00:42:17	00:42:56	03:07	00:39	187	39
15	00:43:39	00:43:39	00:46:19	03:00	02:40	180	160
16	00:46:39	00:46:39	00:47:30	00:34	00:51	34	51
17	00:47:13	00:47:35	00:48:51	02:30	01:16	150	76
18	00:49:43	00:49:43	00:51:38	03:36	01:55	216	115
19	00:53:19	00:53:19	00:54:51	02:18	01:32	138	92
20	00:55:37	00:55:37	00:57:42	01:37	02:05	97	125
21	00:57:14	00:57:42	00:58:50	01:19	01:08	79	68

22	00:58:33	00:58:50	00:59:08	00:01	00:18	01	18
23	00:58:34	00:59:08	01:00:14	03:00	01:06	180	66
24	01:01:34	01:01:34	01:03:13	03:17	01:39	197	99
25	01:04:51	01:05:12	01:06:10	00:50	00:58	50	58
26	01:05:41	01:06:10	01:07:25	01:44	01:15	104	75
27	01:07:25	01:07:25	01:08:28	01:03	01:03	63	63
28	01:08:28	01:08:28	01:10:22	01:19	01:54	79	114
29	01:09:47	01:10:22	01:10:58	02:27	00:36	147	36
30	01:12:14	01:12:14	01:13:27	00:01	01:13	01	73
31	01:12:15	01:13:27	01:16:14	05:29	02:47	329	167
32	01:17:44	01:17:44	01:18:37	01:00	00:53	60	53
33	01:18:44	01:18:44	01:20:28	01:44	01:44	104	104
34	01:20:28	01:20:28	01:21:36	00:16	01:08	16	68
35	01:20:44	01:21:36	01:23:54	04:08	02:18	248	138
36	01:24:52	01:24:52	01:26:08	00:13	01:16	13	76
37	01:25:05	01:26:08	01:30:33	03:51	04:25	231	265
38	01:28:56	01:30:33	01:31:12	-	00:39	-	39

Anexo 04: Medición de largo de cola

FECHA	DIA	RANGO HORARIO	CAJAS ABIERTA S	MODA LARGO DE COLA POR CAJA	LV	DV
11/12/2017	LUNES	8	3	0	88	43
		9	5	1	195	74
12/12/2017	MARTES	8	3	1	126	53
		9	4	2	279	86
13/12/2017	MIERCOLES	8	3	1	118	52
		9	4	3	341	126
14/12/2017	JUEVES	8	3	1	158	57
		9	5	1	258	98
		10	7	2	430	134
15/12/2017	VIERNES	8	3	2	165	61
		9	5	2	273	101
		10	8	2	442	149
		11	10	1	322	127
16/12/2017	SÁBADO	8	3	1	127	37
		9	6	2	298	101
		10	8	1	399	139
		11	11	2	514	163
		18	6	2	441	166
		19	9	1	414	146
17/12/2017	DOMINGO	12	9	2	480	150

Anexo 05: Resultados de simulación en ARENA

ARENA Simulation Results
HP - License: 7328734345

Summary for Replication 1 of 5

Project: Unnamed Project
Analyst: Rockwell Automation

Run execution date : 12/28/2018
Model revision date: 12/28/2018

Replication ended at time : 8226.3414 Seconds (Friday, December 22, 2017, 13:41:52)
Base Time Units: Seconds

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	148.46	(Insuf)	19.056	609.43	255
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	255
Entity 1.WaitTime	239.68	(Insuf)	.00000	1758.5	255
Entity 1.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	255
Entity 1.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	255
Entity 1.TotalTime	388.15	(Insuf)	23.218	2011.2	255
CAJA1.Queue.WaitingTime	591.06	(Insuf)	.00000	1758.5	35
CAJA6.Queue.WaitingTime	76.860	(Insuf)	.00000	466.06	22
CAJA7.Queue.WaitingTime	213.51	(Insuf)	.00000	1352.3	29
CAJA2.Queue.WaitingTime	101.33	(Insuf)	.00000	369.32	30
CAJA8.Queue.WaitingTime	102.41	(Insuf)	.00000	428.18	28
CAJA3.Queue.WaitingTime	215.74	(Insuf)	.00000	841.51	46
CAJA4.Queue.WaitingTime	209.62	(Insuf)	.00000	1009.1	42
CAJA5.Queue.WaitingTime	309.59	(Insuf)	.00000	715.75	28

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	12.232	(Insuf)	.00000	36.000	8.0000
CAJER01.NumberBusy	.77090	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
CAJER01.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
CAJER01.Utilization	.77090	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
CAJER02.NumberBusy	.55445	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
CAJER02.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
CAJER02.Utilization	.55445	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
CAJER03.NumberBusy	.81669	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
CAJER03.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
CAJER03.Utilization	.81669	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
CAJER04.NumberBusy	.55903	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
CAJER04.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
CAJER04.Utilization	.55903	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
CAJER05.NumberBusy	.45994	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
CAJER05.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
CAJER05.Utilization	.45994	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
CAJER06.NumberBusy	.44443	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
CAJER06.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
CAJER06.Utilization	.44443	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
CAJER07.NumberBusy	.56353	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
CAJER07.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
CAJER07.Utilization	.56353	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
CAJER08.NumberBusy	.50551	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
CAJER08.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
CAJER08.Utilization	.50551	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
CAJA1.Queue.NumberInQueue	2.5147	(Insuf)	.00000	9.0000	.00000
CAJA6.Queue.NumberInQueue	.20555	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
CAJA7.Queue.NumberInQueue	.75268	(Insuf)	.00000	6.0000	.00000
CAJA2.Queue.NumberInQueue	.38167	(Insuf)	.00000	3.0000	1.0000
CAJA8.Queue.NumberInQueue	.34858	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
CAJA3.Queue.NumberInQueue	1.2185	(Insuf)	.00000	6.0000	1.0000
CAJA4.Queue.NumberInQueue	1.0823	(Insuf)	.00000	6.0000	1.0000
CAJA5.Queue.NumberInQueue	1.0537	(Insuf)	.00000	6.0000	.00000

Identifier	Value
Entity 1.NumberIn	263.00
Entity 1.NumberOut	255.00
CAJER01.NumberSeized	35.000
CAJER01.ScheduledUtilization	.77090
CAJER02.NumberSeized	30.000
CAJER02.ScheduledUtilization	.55445
CAJER03.NumberSeized	46.000
CAJER03.ScheduledUtilization	.81669
CAJER04.NumberSeized	42.000
CAJER04.ScheduledUtilization	.55903
CAJER05.NumberSeized	28.000
CAJER05.ScheduledUtilization	.45994
CAJER06.NumberSeized	22.000
CAJER06.ScheduledUtilization	.44443
CAJER07.NumberSeized	29.000
CAJER07.ScheduledUtilization	.56353
CAJER08.NumberSeized	28.000
CAJER08.ScheduledUtilization	.50551
System.NumberOut	255.00